

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOSSISTEMAS**

Ana Laura Carrilli

**Atributos de solo e composição de pastagem manejada com pastoreio
racional Voisin em área com histórico de lavoura**

FLORIANÓPOLIS/SC
2018

Ana Laura Carrilli

Atributos de solo e composição de pastagem manejada com pastoreio racional Voisin em área com histórico de lavoura

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho
Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Emílio Lovato
Co-orientador: Prof. Dr. Fernando Joner

FLORIANÓPOLIS/SC
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Carrilli, Ana Laura

Atributos de solo e composição de pastagem manejada com pastoreio racional Voisin em área com histórico de lavoura / Ana Laura Carrilli ; orientador, Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho, coorientador, Paulo Emílio Lovato, 2018.

73 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Agroecossistemas. 2. Reabilitação. 3. Ecologia de pastagens. 4. Melhoramento do campo. 5. Indicadores microbiológicos do solo. I. Pinheiro Machado Filho, Luiz Carlos. II. Emílio Lovato, Paulo . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. IV. Título.

**“Atributos de Solo e Composição de
Pastagem Manejada com Pastoreio
Racional Voisin em Área com
Histórico de Lavoura”**

Por

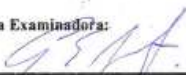
ANA LAURA CARRILLI

Dissertação julgada adequada, em 27/02/2018, e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas. Área de Concentração Abordagens agroecossistêmicas de processos produtivos, no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias/UFSC.



Prof. Dr. Arcangelo Loss (Coordenador do Programa)

Banca Examinadora:




Paulo Emilio Lovato (Presidente / coorientador)



Cledimar Rogério Lourenzi (Titular Interno/PPGA/UFSC)



Mário Luiz Vincenzi (Titular Externo/UFSC)



Abdon Luiz Schmitt Filho (Titular Interno/PPGA/UFSC)

Candidata ao título:



ANA LAURA CARRILLI

Florianópolis, 27 de fevereiro de 2018

AGRADECIMENTOS

Ao povo brasileiro pela escola.

Aos agricultores e agricultoras, pesquisadores, professores e amigos que me inspiram a trabalhar com agroecologia.

À companheira Monique Marchesi, ao “cãopanheiro” Pitoco, a minha mãe Cassia Regina Luz, meu pai Vladimir Carrilli, meus irmãos Angelina Carrilli e Caio Vinicius Carrilli, minha madrastra Carla Riemma, tias, avós e minha sogra Isete Mendes, que me apoiam e incentivam na caminhada da vida.

Aos orientadores Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho, Paulo Emílio Lovato e Fernando Joner pelos aprendizados, oportunidades e correções. Aos amigos do Laboratório de Etologia Aplicada e Bem Estar Animal (LETA/UFSC) pelo companheirismo, pelas prosas e pela alegre convivência.

Aos amigos do Laboratório de Microbiologia do Solo e de Solos da UFSC pela compreensão e auxílio nas análises de laboratório.

À fazenda Campos de Pastoreio, cujo dedicado trabalho possibilitou a execução dessa pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos.

Aos colaboradores essenciais:

Semeão, pelo grande apoio nas atividades de campo.

Maiara Azevedo, Leonardo Clímaco e Dennis Craesmeyer pelo auxílio nas coletas de dados.

José Bran pela amizade, pelos ensinamentos sobre a ciência e estatística.

Rafael Trevisan pelos ensinamentos sobre o campo nativo e identificação das espécies.

Bárbara Ventura pela amizade e por todo o ensinamento no laboratório de solos.

Adenor Wendling, Mário Luiz Vincenzi e Luiz Carlos Pinheiro Machado pelas conversas e aprendizados sobre agroecologia.

In memoriam de Diana Morales que me ajudou a idealizar essa pesquisa.

A todos os amigos do programa de pós-graduação em Agroecossistemas, professores, estudantes e funcionários que de alguma forma contribuíram para meu crescimento, pela alegre convivência e pelas ricas oportunidades de diálogo.

RESUMO

A substituição de ecossistemas naturais por antropogênicos pode provocar perdas significativas da biodiversidade e da qualidade do solo e com isso a diminuição da provisão de importantes serviços ecossistêmicos e da sua capacidade produtiva. A restauração dessas áreas depende do nível de degradação, da paisagem do entorno e das estratégias de manejo empregadas. Nesse sentido, técnicas de manejo e uso do solo que beneficiem a produção de biomassa, a biodiversidade e a vida do solo são bastante recomendadas. O objetivo do primeiro estudo dessa dissertação foi analisar a relação entre a composição florística de uma pastagem perene em formação e variáveis de solo, a fim de identificar interações ecológicas que pudessem influenciar decisões de manejo para a pastagem. Para tanto foi feita a identificação e a porcentagem de cobertura de todas as espécies florísticas presentes em 90 quadros de 1m² distribuídos em 15 piquetes. Nesses mesmos piquetes foi coletado solo e feito a análise de atributos químicos e microbiológicos do solo. Como resultados, o carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e o fósforo são as variáveis do solo com maior relação com as principais espécies da pastagem em formação ($R^2=0,07$). A pastagem era formada por 79 espécies, sendo 71 dessas nativas, e as principais *Axonopus affinis*, *Paspalum notatum* cv. *saurea* e *Axonopus compressus*. A segunda parte dessa pesquisa teve o objetivo de analisar a influência da adubação, da correção de solo e da pastagem perene na produtividade e na composição de *Avena strigosa*, *Vicia sativa* e *Lolium multiflorum* que foram sobresemeados. Para tanto foi feito um experimento fatorial com 9 tratamentos, duas doses de calcário, duas formas de adubação, e 5 repetições. A produtividade e a composição das espécies de inverno foram analisadas duas vezes através do método Botanal. Neste estudo o fator que mais influenciou a produtividade das espécies hibernais foi a época do ano ($P<0,0001$). A pastagem hiberna foi 6,7 vezes mais produtiva no período inverno-primavera, do que no período outono-inverno. O tratamento com biofertilizante supermagro produziu menos que a testemunha ($P<0,001$) e a calagem com duas doses de calcário (50 e 82% da dose recomendada), o uso de cama aviária + superfosfato triplo e a pastagem perene de verão não influenciaram a pastagem de inverno ($P>0,05$). Houve predomínio das leguminosas de inverno em relação às gramíneas em ambos os períodos, o que sugere baixa quantidade de nitrogênio disponível no solo, insuficiente para atender a demanda das gramíneas semeadas. Esse

resultado corrobora a informação encontrada no primeiro estudo, em que o nitrogênio da biomassa microbiana foi a variável do solo com maior relação com a pastagem perene. Com ambos os estudos é possível concluir que o manejo de bovinos em pastoreio racional Voisin favorece a reabilitação de agroecossistemas que foram transformados por lavouras.

Palavras chaves: Reabilitação. Ecologia de pastagens. Melhoramento do campo. Indicadores microbiológicos do solo.

ABSTRACT

Replacing natural for anthropogenic ecosystems can cause significant losses of biodiversity and soil quality and then reducing the provision of important ecosystem services and productive capacity of these ecosystems. The restoration of these areas depends on the level of degradation, the surrounding landscape and the management strategies that are adopted. So techniques of management and use of the soil that would benefit biomass production, the biodiversity and the soil's life are recommended. The aim of the first study of this dissertation was to analyze the relationship between floristic composition of a perennial pasture in development and soil variables in order to identify ecological interactions that could influence pasture management decisions. We made an identification and percentage of coverage of the all floristic species into 90 squares of 1 m² distributed on 15 paddocks. In each paddock was collected soil to analyze chemical and microbiological attributes of the soil. The findings of this study were that carbon and nitrogen of the microbial biomass and the phosphorus are the soil variables highest related with the main pasture species ($R^2 = 0.07$). The pasture is formed by 79 species, being 71 of these native, and the main were *Axonopus affinis*, *Paspalum notatum* cv. *saurea* and *Axonopus compressus*. In the second part of this dissertation the objective was to analyze the influence of fertilization, soil correction and perennial pasture on yield and composition of *Avena strigosa*, *Vicia sativa* and *Lolium multiflorum*, which were overseeded. We made a factorial experiment with 9 treatments, with two doses of limestone and two forms of fertilization, and 5 replications. The yield and composition of winter species were analyzed twice using the Botanal method. The main finding of this study was that most factor that influenced the yield of winter species was the period of growth ($P < 0.0001$). Winter pasture was 6.7 times more productive on winter-spring period than on autumn-winter period. The treatment with "biofertilizer supermagro" produced less than the control ($P < 0.001$) and the liming with two doses of limestone (50 and 82% of the recommended dose), the use of "poultry litter + triple superphosphate" and perennial summer pasture did not influence the winter pasture ($P > 0.05$). There was a predominance of winter legumes over grasses in both periods of growth suggesting low amount of nitrogen available in the soil insufficient for the demand of the seeded grasses. This result is aligned with the results of the first study that nitrogen of the microbial biomass was the soil variable with

the greatest relation to the perennial species. With both studies we conclude that management of cattle in rotational grazing Voisin promotes the rehabilitation of agroecosystems that have been transformed by crops.

Keywords: Rehabilitation. Pasture ecology. Field improvement. Soil microbiological indicators.

ÍNDICE DE TABELAS

Estudo 1

Tabela 1. Análise química do solo da camada de 0-20 cm da unidade de produção no ano 2010, quando se inicia a formação da pastagem.

Tabela 2. Variáveis químicas e microbiológicas do solo coletado em 20 piquetes em 2016 na profundidade de 0 a 0,10m na fazenda Campos de Pastoreio – Bom Retiro/SC, segundo diferentes doses de calcário.

Tabela 3. Análise de variância dos atributos químicos e microbiológicos de solo coletado na camada de 0 a 0,10m em 20 piquetes que receberam diferentes doses de calcário em 2013 e 2014, na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro/SC.

Tabela 4. Dez principais espécies do campo pelo índice de valor de importância, conforme levantamento florístico da pastagem perene em 2017, em que foram amostrados 90 quadros 1 m² em 15 piquetes da fazenda Campos de Pastoreio – Bom Retiro/SC.

Estudo 2

Tabela 5. Fonte e quantidade de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) aplicado no tratamento cama aviária + biofertilizante (kg/ha).

Tabela 6. Aplicação do calcário (2013 = 800kg/ha; 2014 = 1250kg/ha), e no ano de 2017 de cama (2.300kg/ha), Superfosfato triplo (50kg/ha) e Biofertilizante Supermagro (diluído a 3,5%) em cada piquete amostrado, com o respectivo tempo de repouso, nos dois cortes da pastagem de inverno na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro/SC.

Tabela 7. Produtividade média por tratamento de dois cortes (1= crescimento outono inverno; 2= crescimento inverno primavera) das espécies de inverno sobressemeadas em pastagem polifítica na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro-SC.

Tabela 8. Resultado da análise de regressão logística binária com as variáveis significativas ($p < 0.05$) que influenciaram a produtividade das espécies de inverno no ano de 2017 na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro/SC.

ÍNDICE DE FIGURAS

Estudo 1

Figura 1. Divisão de área, estando em vermelho os 15 piquetes onde foi determinada a composição florística e fez-se coleta de solo para análise das variáveis do solo.

Figura 2. Ordenação de 15 piquetes por meio da análise de componentes principais (PCA) em função das variáveis químicas e microbiológicas de solo coletado na camada de 0 a 10cm em 2016 na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro-SC.

Figura 3. Número de espécies vegetais por família encontradas no levantamento florístico da pastagem em formação da fazenda Campos de Pastoreio - Bom Retiro/SC.

Figura 4. Curva de acumulação de espécies por piquete no levantamento florístico da pastagem perene feito em 2017 na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro-SC.

Figura 5. Distribuição das espécies perenes encontradas em 15 piquetes no levantamento florístico da pastagem perene feito em 2017 na fazenda Campos de Pastoreio – Bom Retiro/SC.

Figura 6. Ordenação de 15 piquetes por meio análise de coordenadas principal (PCoA) em função da vegetação perene encontrada a partir do levantamento florístico feito em 2017 da pastagem em formação da fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro-SC. (A) Ordenação dos piquetes (B) Espécies responsáveis pelo ordenamento.

Figura 7. Ordenação das principais espécies do campo em função das variáveis do solo por meio da Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) ($R^2=0,07$). (A) Correlação entre as variáveis significativas - Nmic, Cmic e P – com as dez principais espécies do campo. (B) Aproximação da mesma imagem nas espécies e a diferenciação dos piquetes em função dos valores alto e baixo de Nmic.

Estudo 2

Figura 8. Fotografia dos quadros de referência das notas 1 a 5.

Figura 9. Local do piquete que foi aplicado os tratamentos da adubação orgânica e a forma como foram alocados os quadros para análise da pastagem de inverno da fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro/SC

Figura 10. Porcentagem relativa de cobertura de gramíneas e leguminosas em função de diferentes doses de calcário e adubação em levantamento feito considerando apenas as pastagens de inverno em 2016 na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro-SC.

Figura 11. Ordenamento das espécies de inverno em função de diferentes doses de calcário e adubação, com informação encontrada no levantamento florístico feito em 2017 na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro-SC.

SUMÁRIO

I. Apresentação	15
II. Introdução geral	16
Os indicadores da qualidade do solo	17
O ecossistema campo nativo	19
A calagem no ecossistema pastoril.....	20
III. Objetivo Geral	23
III.I Objetivos específicos	23
IV. Hipóteses	24
1. Estudo 1 – O pastoreio racional na recuperação de solos e da biodiversidade vegetal em área trabalhada com lavoura	25
1.1.Introdução	25
1.2.Metodologia	26
1.2.1.Área de estudo e histórico de manejo	27
1.2.2.Desenho experimental	28
1.2.3.Medidas de solo	29
1.2.4.Medidas de vegetação	29
1.2.5.Estatística.....	31
1.3. Resultados	32
1.3.1. Atributos químicos e microbiológicos do solo	32
1.3.2. Vegetação.....	34
1.3.3. Relação entre as variáveis do solo e as principais espécies da pastagem	38
1.4. Discussão.....	40
1.5. Conclusão.....	43
ANEXO 1	44
ANEXO 2.....	45
2. Estudo 2 – A adubação e a calagem na produtividade e na composição de espécies de inverno sobressemeadas em pastagem polifítica em formação	48
2.1. Introdução	48
2.2. Metodologia	49
2.2.1. Área de estudo e histórico de manejo	50
2.2.2. Desenho experimental	50
2.2.3.Medidas diretas de produtividade e a composição das espécies de inverno.....	52
2.2.4.Composição e riqueza das espécies perenes de verão.....	54
2.2.5.Medidas indiretas de produtividade	55
2.2.6.Estatística.....	55

2.3. Resultados	56
2.3.1. Medida direta da produtividade das espécies de inverno	56
2.3.2. Composição florística das espécies de inverno.....	57
2.3.3. Medida indireta de produtividade	59
2.3.2. Fatores do ecossistema pastoril que influenciaram a produtividade	60
2.4. Discussão	60
2.5. Conclusão.....	63
ANEXO 1	64
ANEXO 2	65
V. Considerações finais	66
ANEXOS – Scripts, dados e protocolo de laboratório	67
Referências bibliográficas	68

I. APRESENTAÇÃO

Essa dissertação foi construída no âmbito Programa de Pós-Graduação em Agroecossistema, dentro da área de concentração de agroecologia e da linha de pesquisa “Abordagens agroecossistêmicas de processos produtivos”. Compreende, portanto, um processo de construção de conhecimento para uma concepção de agricultura que integra em uma mesma área e no mesmo tempo a produção de alimentos e a provisão de serviços ecossistêmicos.

A área estudada nessa dissertação encontra-se em transição ou ruptura agroecológica. Após 30 anos de manejo convencional para produção de lavouras, a área em estudo vem sendo transformada em uma pastagem polifítica por meio da tecnologia do pastoreio racional Voisin, em que bovinos de corte são manejados conforme as leis universais do pastoreio racional e sem o uso de agrotóxicos. Com essa tecnologia busca-se aliar a produção de alimentos limpos, em abundância e em escala.

Foram feitos dois estudos, um no verão com o objetivo de compreender a relação solo-pasto e outro no inverno com objetivo de compreender fatores associados à produtividade de espécies hibernais. Assim essa dissertação está organizada em dois estudos, ambos contendo introdução, materiais e métodos, resultados, discussão e conclusões. Não obstante fez-se preliminarmente uma introdução geral que contém uma revisão de literatura sobre os assuntos abordados em ambos os estudos e, por fim, uma consideração final que sistematiza o conhecimento produzido.

II. INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura convencional amplamente disseminada no mundo no período da revolução verde vem transformando o contexto social, político, ideológico, cultural, econômico e ambiental de diversos países em diferentes magnitudes. No Brasil a área utilizada para a agricultura aumentou 67% de 1961 a 2014 (IBGE, 2014). Do total de terras do Brasil 27% são áreas protegidas, 28% são consideradas grandes propriedades, 12% médias e 13% pequenas propriedade, 10% são terras públicas não destinadas, 5% são assentamentos rurais e outros 5% são outras categorias (IMAFLOA, 2016). Assim a maior parte das terras brasileiras estão sendo gerenciadas por grandes proprietários, cujas decisões de manejo impactam o ambiente em ampla escala geográfica.

Se por um lado a agricultura convencional promoveu o aumento da produtividade das culturas de interesse humano, por outro, proporcionou inúmeras consequências negativas que são noticiadas diariamente (MAGDOFF, 2007). Do ponto de vista ambiental, o intenso uso de adubos químicos, herbicidas e a prática da monocultura geram mudanças profundas na qualidade do solo, nos fluxos de matéria e energia que governam os ciclos biogeoquímicos e na consequente produtividade dos agroecossistemas. A transformação dos ecossistemas naturais e sua degradação são as principais causas da perda de biodiversidade e das funções ecossistêmicas (ANDRADE et al., 2015).

No manejo de pastagens permanentes Voisin (1974) já alertava sobre os problemas decorrentes de práticas de manejo inadequadas, evidenciando a importância da vida do solo e das corretas intervenções de manejo para a fertilidade. O pastoreio racional é uma forma de exploração das pastagens que provoca mudanças positivas no solo, nas pastagens e nos animais (TEAGUE et al., 2008). Isso porque, esse sistema de manejo está baseado no comportamento seletivo de pastoreio dos ruminantes e na fisiologia das espécies pratenses, e por isso é considerado uma necessidade ecológica (SCHMITT FILHO, 2002). Para praticar o pastoreio racional é necessário seguir as quatro leis universais do pastoreio racional, cuja divisão da pastagem em parcelas é fundamental.

As leis universais do pastoreio racional das pastagens são: a) lei do repouso: relacionada ao tempo ótimo de repouso da pastagem entre um corte e o próximo; b) lei da ocupação: relacionada ao tempo de permanência dos animais em cada parcela; c) lei do rendimento máximo: os animais de maiores exigências devem colher o pasto de

melhor qualidade; d) lei do rendimento regular: um animal não deve permanecer mais de dois dias sobre uma mesma parcela (VOISIN, 1974). Outros autores propuseram complementos a esse sistema, como levar água nos piquetes para os animais beberem, a distribuição de árvores nas pastagens, o desenho da divisão de área com piquetes quadrados e a concepção de corredores como sistema viário com corredores perimetrais (PINHEIRO MACHADO, 2004); (MACHADO FILHO, 2004).

No entanto, apesar das oportunidades, sistemas de pastoreio racional Voisin (PRV) instalados em solos desestruturados podem nos primeiros anos passar pelos denominados “anos de miséria”. Esses anos correspondem ao momento em que ocorre depressão na produção da pastagem que antes tivera um bom comportamento inicial (PINHEIRO MACHADO, 2004). As causas dos anos de miséria estão associadas principalmente às alterações na estrutura física e na atividade biológica do solo (VOISIN, 1975). Essas mudanças ocorrem, por exemplo, em solos cultivados com lavouras, cujo intenso uso de máquinas e agrotóxicos terminam por modificar as características do solo e conseqüentemente sua capacidade produtiva.

Os indicadores de qualidade do solo

O solo é um sistema vivo, um recurso finito e promotor de saúde e demora cerca de 100 a 400 anos para formar 1 cm (DORAN; SAFLEY, 1997). Por exemplo, para duplicar a quantidade de carbono (C) e nitrogênio (N) de um solo podem ser necessários 40 anos de adição contínua de dejetos animais (TILMAN, 1998). No solo acontecem processos fundamentais para os ciclos biogeoquímicos do C, N, P e enxofre (S) e para o ciclo da água.

Devido à importância do solo para a manutenção da vida, foram debatidas, criadas e praticadas ações para seu uso e conservação e criados indicadores de qualidade do solo para monitorar a qualidade de diferentes manejos praticados (DORAN; SAFLEY, 1997). A qualidade do solo é definida como a capacidade do solo em exercer suas funções com plenitude (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009), sendo, portanto, uma característica importante para o sucesso da agricultura de base ecológica. Indicadores são variáveis selecionadas e quantificadas que nos permitem ver a tendência de um ecossistema (SARANDÓN; FLORES, 2009).

O carbono da biomassa microbiana e os parâmetros quociente metabólico, quociente microbiano e respiração basal são eficientes indicadores de qualidade do solo em vários ecossistemas do Brasil. (KASCHUK; ALBERTON; HUNGRIA, 2010). No sul do Brasil também deve ser incluído o nitrogênio da biomassa microbiana (MENDES, 2015). Esses são indicadores microbiológicos da qualidade do solo que recebem destaque no monitoramento de agroecossistemas porque refletem um claro sinal na melhoria ou na degradação do solo e, precedem as mudanças nas suas propriedades químicas e físicas (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). O carbono da biomassa microbiana responde muito antes a mudanças no manejo do que o carbono orgânico total do solo (KASCHUK; ALBERTON; HUNGRIA, 2010).

A biomassa microbiana é uma expressão indireta da quantidade de microrganismos, principalmente fungos e bactérias, que vivem em um solo e são responsáveis pela produção de enzimas que catalisam a degradação da matéria orgânica (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002). Além disso, a comunidade microbiana do solo representa uma reserva considerável de nutrientes que são continuamente assimilados pelos diferentes organismos que compõem o ecossistema (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Assim, os microrganismos do solo apresentam intrínseca relação com a qualidade da matéria orgânica produzida ou aportada em um agroecossistema (STENBERG, 1999) e também com atual comunidade de plantas que ocupam aquele solo (MILLARD; SINGH, 2010).

O crescimento dos microrganismos depende de água, fonte de carbono, energia, nitrogênio, vitaminas e sais minerais. Para obter C alguns microrganismos vivem em simbiose com as plantas e exploram C de forma direta, enquanto outros dependem da decomposição das raízes e brotos, dos exsudatos radiculares, da destruição das células radiculares e da morte de outros microrganismos (JOHNSON et al., 2003). Dessa forma, microrganismos que vivem em simbiose com as raízes das plantas, como os fungos micorrízicos, sofrem influência direta da atual comunidade de plantas, já os microrganismos de vida livre, como os fungos saprófagos e as bactérias, sofrem influência da história da qualidade do material orgânico aportado (MILLARD; SINGH, 2010).

Essa pesquisa foi realizada em uma pastagem em formação localizada em região de campo nativo no Planalto Catarinense no município de Bom Retiro-SC. Abaixo serão apresentados aspectos gerais relacionados ao ecossistema campo nativo do sul do Brasil.

O ecossistema campo nativo

O ecossistema de campo nativo do sul do Brasil está incluído no bioma Mata Atlântica e no bioma Pampa nos estados de Santa Catarina (SC), Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS) (IBGE, 2004). A história recente desses campos conta que o clima era frio e seco e predominava a vegetação campestre, e apenas há 4.000 anos antes do presente (AP) quando o clima se tornou mais quente e úmido é que houve a expansão da floresta principalmente ao longo dos rios, com intensificação do processo há 1.100 AP (OVERBECK et al., 2009). Atualmente, perturbações como o fogo e o pastejo são consideradas essenciais, pois evitam a sucessão da vegetação campestre em floresta (BENCKE, 2009).

O desenvolvimento da flora do campo nativo aconteceu sob os efeitos associados da latitude, altitude e fertilidade de solo, com o processo de seleção natural da vegetação na presença de animais herbívoros e das perturbações humanas. Esse processo desenvolveu uma flora formada por espécies C3 de crescimento no inverno e espécies C4 de crescimento na estação quente (MARASCHIN, 2009) e a seleção de espécies de porte baixo, rizomatosas ou estoloníferas, que em geral são de melhor valor forrageiro (CORDOVA, 2004). O campo nativo do sul do Brasil foi pastoreado por uma megafauna pleistocênica que foi extinta há 8.000 anos (BENCKE, 2009). Essa perturbação pelo dente do animal foi “retomada” com a introdução do gado doméstico pelos colonizadores europeus no século XVII (BENCKE, 2009).

Apesar da importância do campo nativo, este tem sofrido uma drástica redução, vítima das culturas do *Pinus* e da soja, principalmente. Estima-se que em 1995 havia 900.000ha de campo nativo no Planalto Catarinense e desde então mais de 400.000ha foram substituídos por monocultivos (CÓRDOVA et al., 2012). Com isso, perde-se uma obra da natureza de quase 30 milhões de anos e que produz o alimento mais barato que o pecuarista do mundo inteiro pode dispor que é a pastagem nativa (VINCENZI, 2004). O campo nativo do planalto das araucárias tem grande diversidade. Esse ecossistema é composto por mais de 3000 espécies vegetais, cerca de 250 mamíferos, grande diversidade de aves e exuberante fauna aquática, cuja diversidade ainda é subestimada (BOLDRINI et al., 2009).

Do ponto de vista produtivo, os campos nativos do sul do Brasil apresentam baixa capacidade de suporte, devido à baixa fertilidade natural dos solos e à alta sazonalidade na produção das forrageiras.

Nesses campos, práticas de melhoramento e manejo são importantes, pois incrementam sua produção e garantem sua conservação pelo uso (NABINGER; DALL' AGNOL; CARVALHO, 2006). A tecnologia do melhoramento de pastagens naturais foi introduzida na Serra Catarinense a partir de trabalhos do Prof. Mario Vincenzi e consolidada na segunda metade da década de 90. O melhoramento consiste na introdução de espécies de estação fria para atenuar a flutuação estacional da oferta de forragem, preservando, no entanto, as espécies nativas (CÓRDOVA et al., 2012).

A calagem no ecossistema pastoril

A calagem é uma prática muito recomendada para os campos do sul do Brasil, pois os solos em geral são considerados ácidos (CARVALHO & BATELLO, 2009; TIECHER et al., 2014; NABINGER, 2006). A acidez do solo é uma característica derivada de um processo natural, bastante relacionado com a precipitação pluviométrica e intensificado pela ação antrópica e que pode ser corrigido pela calagem, por exemplo, com a aplicação de calcário.

A rocha que dá origem ao calcário é formada principalmente por carbonatos de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), que reagem no solo e fornecem no curto prazo Ca e Mg para as plantas, elevam o pH do solo, reduzem o alumínio (Al) trocável e a acidez total (MELLO, 1984). Outros benefícios da calagem são aumento no crescimento das raízes e da decomposição da matéria orgânica que eleva a oferta de nitrogênio e fósforo para as plantas (POOZESH et al., 2010; VAN DER WAL et al., 2009).

A eficiência da calagem tem relação com as condições iniciais do solo e com a quantidade de chuvas (FYSTRO; BAKKEN, 2005) e a quantidade aplicada depende da forma de aplicação, da qualidade do produto aplicado e das plantas de interesse agrícola. O pH de referência no sul do Brasil para gramíneas forrageiras é 5,5 e para as leguminosas é 6,0 (CQFS RS/SC, 2016). Nessa região a correção da acidez do solo é proporcional a dose de calcário que é aplicada (BANDINELLI et al., 2005; GATIBONI et al., 2003; RHEINHEIMER et al., 2000). Em aplicação superficial não são recomendadas doses maiores que cinco toneladas de calcário/ha (CQFS RS/SC, 2016).

Aplicado em superfície, seus efeitos são maiores nos 2 cm do solo devido à sua baixa mobilidade. O efeito do calcário em superfície só avança após a neutralização da camada superficial ou pela migração

das partículas de calcário pelos solos quando estes estão bem estruturados (RHEINHEIMER et al., 2000). Apesar da baixa mobilidade do calcário, a aplicação em superfície evita o revolvimento do solo e com isso evita a diminuição da matéria orgânica do solo por 4 a 5 anos (CAIRES et al., 2006).

Os efeitos da calagem do solo também acontecem no longo prazo (FUENTES et al., 2006; FORNARA et al., 2011; AYE et al., 2016). Por exemplo, em um estudo de longo prazo a taxa de agregação do solo aumentou 10% após aplicação do calcário, devido a ação de cimentação do Ca e dos carbonatos com a matéria orgânica do solo (SIX et al., 2004).

Em relação aos microrganismos do solo, a calagem proporciona modificações no funcionamento da comunidade microbiana do solo, que indiretamente influenciam a produção primária líquida e a qualidade e disponibilidade de substratos (KEMMITT et al., 2006). O pH e os nutrientes regulam a atividade e a biomassa dos microrganismos e, portanto, regulam a taxa de degradação da matéria orgânica (STENBERG, 1999). Bactérias, em geral, ocorrem em solos com pH neutro ou ligeiramente alcalino e fungos em solos ácidos (NJIRA; NABWAMI, 2013).

A calagem aumenta a produção de CO² no solo através da reação do carbonato com a água e do aumento da mineralização da matéria orgânica do solo (BIASI et al., 2008). No entanto, pode ocorrer junto aumento na produção de biomassa do sistema e assim um equilíbrio entre a quantidade de C fixado e liberado (KEMMITT et al. 2006). Essa teoria é reforçada por outros dois estudos de longo prazo (AYE; SALE; TANG, 2016; FORNARA et al., 2011)

Vale lembrar que parte da matéria orgânica do solo fica protegida fisicamente da mineralização dentro dos microagregados do solo (SIX, et al. 2004). As pastagens perenes tendem a ter uma alta de mineralização-imobilização de N, devido ao permanente fluxo de C da vegetação ao solo por meio da interceptação de luz, fotossíntese, elaboração de tecidos de plantas e senescência de folhas e raízes com uma alta relação C/N (LEMAIRE, 2012).

Nas pastagens o aumento do pH em solos ácidos provoca mudanças no ecossistema pastoril, com influência na qualidade das plantas (GATIBONI et al., 2008), na produção de matéria seca (CASTILHOS; JACQUES, 2000; POOZESH et al., 2010), na composição e na diversidade das espécies presentes (VAN DER WAL et al. 2009, TIECHER et al., 2014) e no sucesso na introdução de espécies

ferrageiras durante o processo de melhoria da vegetação nativa (PRESTES, 2015; GATIBONI et al., 2008). Quanto às pastagens nativas no sul do Brasil ainda faltam informações básicas sobre o efeito das adubações nas pastagens e por isso é recomendado o mesmo cuidado feito para as plantas exóticas (NABINGER et al., 2009).

Em relação a composição florística, a calagem aumentou a diversidade e a uniformidade das espécies de plantas em pastagens permanentes corrigidas há mais de 40 anos na Europa, sendo essa mudança explicada pela presença de um maior número de espécies de plantas adaptadas aos solos de pH mais elevado (VAN DER WAL et al., 2009). Da mesma forma, a aplicação sucessiva de calcário durante 10 anos em pastagens permanentes da Europa permitiu aumento do número de espécies vegetais e da abundância de dicotiledôneas (POOZESH et al., 2010).

Mudanças na composição florística, mas não na diversidade florística, foram observadas em região de campo nativo depois de 12 anos em um experimento em que houve a introdução de espécies ferrageiras exóticas, fofato natural e calcário (TIECHER et al., 2014). Em outro estudo de dois anos a adubação fosfatada e a calagem não provocaram mudanças significativas na composição botânica da pastagem natural do RS (BANDINELLI et al., 2005). Parece que as respostas do campo nativo melhorado a P e calcário são de longo prazo e muito variáveis, devendo haver outros fatores envolvidos.

III. OBJETIVO GERAL

Caracterizar a composição das espécies vegetais perenes e os atributos microbiológicos-químicos do solo e analisar o efeito da adubação e calagem na produtividade e composição de espécies hibernais em uma pastagem em formação localizada em região de campo nativo.

III.I. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar variáveis químicas e microbiológicas do solo de uma pastagem em formação.
- Caracterizar a frequência, a cobertura e a riqueza das espécies vegetais que compõe uma pastagem perene em formação.
- Avaliar se existe correlação entre variáveis químicas e microbiológicas do solo e a composição florística da pastagem perene em formação.
- Avaliar se existe influência de diferentes doses de calcário nas variáveis químicas e microbiológicas do solo.
- Quantificar a produtividade de espécies de inverno sobressemeadas em uma pastagem em formação em função de diferentes adubações e doses de calcário.
- Caracterizar a frequência e a cobertura de espécies de inverno sobressemeadas em uma pastagem em formação em função de diferentes adubações e doses de calcário.
- Avaliar o efeito das espécies de verão, de duas doses de calcário e de duas adubações na produtividade e na composição de espécies de inverno sobressemeadas.

IV. HIPÓTESES

ESTUDO 1.

Na interação entre a composição florística da pastagem em formação e atributos do solo, variáveis microbiológicas do solo apresentam maior influência na composição florística da pastagem do que as variáveis químicas.

ESTUDO 2.

Calagem e a adubação possibilitam aumento na produtividade das pastagens de inverno.

A porcentagem de cobertura de *Axonopus affinis* e a riqueza de espécies perenes influenciam a produtividade das espécies de inverno.

1. ESTUDO 1 - O pastoreio racional na recuperação de solos e da biodiversidade vegetal em área trabalhada com lavoura

1.1. Introdução

A conversão dos ecossistemas naturais pode provocar perdas significativas da biodiversidade e da qualidade do solo, que leva a diminuição da provisão de importantes serviços ecossistêmicos e da capacidade produtiva. No mundo 37% das terras são utilizadas pela agricultura e destas 67% são prados e pastagens permanentes (FAO, 2014). No Brasil a área utilizada para a agricultura aumentou 67% de 1961 a 2014 (IBGE, 2014), sendo a maior parte manejada de forma convencional, em que ocorre a total conversão do ecossistema natural. Em Santa Catarina o campo nativo ocupava quase 2 milhões de ha. Em 1995 restavam 900.000 ha e desde então se estima que mais de 400.000 ha dessa vegetação foi totalmente convertida para a produção de *commodities* ou de madeira (CÓRDOVA et al., 2012).

A modificação dos ecossistemas naturais para a prática da agricultura não é inexoravelmente um problema. No entanto, o uso indiscriminado de agrotóxicos, o revolvimento do solo e o super pastejo são algumas práticas conhecidas que contribuem para a degradação do ecossistema. Em função desse contexto, crescem os debates sobre como recuperar essas áreas, já compreendendo que em diversas situações a restauração pode não ser possível. Por exemplo, no contexto de total conversão das pastagens nativas do sul do Brasil, a restauração do campo nativo pode não ser possível e dependerá, no caso de regeneração natural, do período de uso da terra, da intensidade de modificação e do contexto da paisagem (ANDRADE et al., 2015). Recuperação consiste na restituição de um ecossistema degradado a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original (Lei 9.985/2000).

Agroecossistemas podem ser avaliados pela qualidade do solo e pela biodiversidade, que são características importantes dos ecossistemas. Maior biodiversidade associa-se com maior produtividade e estoque de carbono no solo (TILMAN et al., 2001), com dietas quimicamente diversas com positivo impacto na nutrição e no bem estar de ruminantes (GREGORINI et al., 2017), com maior resiliência do agroecossistema devido à redundância funcional das espécies vegetais (PILLAR et al., 2013). A comunidade vegetal também apresenta recíproca relação com os microrganismos do solo seja através do grupo

funcional de plantas (JOHNSON et al., 2003) ou mesmo de forma singular com influência de cada uma das espécies vegetais na vida do solo (EISENHAUER et al., 2014).

No solo acontecem processos fundamentais para os ciclos biogeoquímicos do carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S) e para o ciclo da água. No solo atuam diversos microrganismos que degradam o material orgânico e estabelecem relações de simbiose com as plantas, sendo essa dinâmica fundamental para a agricultura sustentável. O suprimento equilibrado de nutrientes irá garantir o crescimento ótimo das plantas e a formação de plantas mais resistentes, o que evita o uso de agrotóxicos para controle de pragas e doenças (HUBER; RÖMHELD; WEINMANN, 2011). Nesse contexto, três práticas de manejo são importantes: o cultivo mínimo do solo, a manutenção permanente do solo coberto e a diversidade de cultivos (NJIRA; NABWAMI, 2013).

Além do papel central do solo na nutrição e sustentação das plantas, o solo é considerado a memória do sistema de manejo e traz informações importantes sobre a qualidade do manejo praticado por meio de indicadores (MENDES, 2015). Para esse fim destacam-se os indicadores microbiológicos da qualidade do solo, que apontam uma resposta integrada do meio e antecedem mudanças no solo se comparado a variáveis químicas e físicas (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; MENDES, 2015; STENBERG, 1999, KASCHUK et al. 2010). Isso porque as análises químicas do solo mostram os nutrientes presentes na solução do solo, cujas mudanças acontecem no médio/longo prazo, quando comparado com a dinâmica dos microrganismos no solo. Dessa forma, os indicadores microbiológicos são indicados para monitorar mudanças recentes nas formas de uso e ocupação do solo.

A hipótese desse trabalho é que na interação entre a composição florística da pastagem em formação e atributos do solo, variáveis microbiológicas do solo apresentem mais influência na composição florística da pastagem do que as variáveis químicas. O objetivo dessa pesquisa é caracterizar a composição das espécies vegetais e os atributos microbiológicos-químicos do solo e analisar a correlação entre estas variáveis em uma pastagem em formação localizada em região de campo nativo.

1.2. Metodologia

1.2.1. Área de estudo e histórico de manejo

A pesquisa foi realizada na primavera/verão de 2016 em um sistema de pastoreio racional Voisin (PRV) com bovinos de corte, em área de 45 ha localizada no Planalto Catarinense, município de Bom Retiro/SC (27°39'S, 49°46'O). O clima do Planalto Catarinense é o Cfb (Koppen) caracterizado por chuvas uniformemente distribuídas, com precipitação variando entre 1.100 e 2.000 mm, temperatura amena, sendo 22° a temperatura média do mês mais quente e são frequentes as geadas no período mais frio. O solo é classificado como Cambissolo Húmico (EMBRAPA, 2013) e essa região está inserida no Bioma Mata Atlântica (IBGE, 2014)

A área de estudo foi utilizada durante 30 anos para a produção de soja (*Glycine max*), milho (*Zea mays*) ou cebola (*Allium cepa*) e azevém anual (*Lolium multiflorum*) em sistema de plantio direto com uso de herbicida. Em 2010 o novo proprietário optou por transformar o campo em pastagem para produção de bovinos de corte. Atualmente a carga animal é de 1,5 UGM/ha, sendo 1 UGM o equivalente a um animal de 500 kg. O campo faz divisa com áreas destinadas à produção de grãos e de *Pinus sp.* e com a mata ciliar que é coberta pela floresta ombrófila densa. Nas proximidades tem áreas de pastagem extensiva.

A pastagem perene em formação é resultado da regeneração natural, da sobressemeadura das espécies forrageiras e da suspensão do uso de agrotóxicos que acontece desde 2010. De novembro de 2010 a junho de 2013, o campo foi manejado de forma extensiva. Em 2013, a área foi dividida em 67 piquetes e a pastagem passa a ser manejada de forma racional seguindo as leis do pastoreio racional enunciadas por Voisin (1957). Com o manejo praticado, a pastagem é cortada pelo dente do animal até ficar bem rente ao solo e uma ou duas vezes ao ano os piquetes são roçados principalmente para diminuir o crescimento das asteráceas *Vernonanthura tweediana* (assa-peixe) e *Baccharis trimera* (carqueja).

A pastagem em pastoreio racional Voisin (PRV) é sempre utilizada no seu ponto ótimo de repouso (POR) (MACHADO FILHO, 2011). O POR é identificado através de análise visual do estágio de desenvolvimento das espécies que compõem a pastagem a cada 15 dias, quando se estabelece uma ordem de ocupação dos piquetes. O tempo de repouso de cada piquete é variável e depende do desenvolvimento da sua pastagem. O tempo de ocupação dos animais em cada piquete varia em função da disponibilidade e tamanho do lote, um a dois dias no verão e um a quatro dias no inverno. O tempo de ocupação é maior nos

meses de maio a agosto, quando os animais recebem suplemento no piquete (silagem de milho).

Em novembro de 2010, quando se inicia a formação da pastagem foi realizada coleta e análise de solos de quatro glebas da área, na camada de 0 a 20 cm, cujo resultado médio é exibido na tabela 1. O solo apresentava alto poder tampão, devido à alta CTC potencial e à alta porcentagem de matéria orgânica, também elevada saturação da CTC efetiva por alumínio e muito baixo pH do solo, o que indica a necessidade de calagem. A porcentagem de argila foi 45,8%.

Tabela 1. Análise química do solo da camada de 0-20 cm da unidade de produção no ano 2010, quando se inicia a formação da pastagem.

pH H ₂ O	SMP	P	K	MO	Al	Ca	Mg	Al+H	CTC	%	%
									pH	SAT	SAT
									7	CTC	CTC
		(mg/dm ³)		%	(cmolc/dm ³)					Bases	Al
4,9	5,0	8,2	76,3	5,0	2,4	4,9	3,3	14,3	22,7	37,0	22,6

1.2.2. Desenho Experimental

Para definição do desenho experimental foi primeiramente considerado as doses de calcário dolomítico aplicado em superfície e em dois períodos (PRNT em torno de 90%) em 41 dos 67 piquetes do campo. Não foram considerados 26 piquetes porque ou fazem divisa com a mata, ou não são quadrados ou têm considerável declividade. O agrupamento dos piquetes pelas doses de calcário formou 4 grupos. Dentro de cada grupo foram sorteados 5 piquetes. Cada piquete é uma unidade amostral que tem 6400m².

Os grupos de piquetes são: piquetes que não receberam calcário, que receberam 800 kg/ha de calcário em abril de 2013, que receberam 1250 kg/ha de calcário em outubro de 2014 e que receberam as duas quantidades de calcário, que somam 2050 kg/ha. Essas doses de calcário aplicado em superfície somam 0%, 32%, 50% e 82% da dose recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6,0 (CQFS RS/SC, 2016).

Para análise do solo foram considerados 20 dos 41 piquetes (N=20). Para análise da composição florística foram considerados 15 dos 20 piquetes em que se coletou solo (N=15), motivado pela baixa influência do calcário nas variáveis químicas do solo (Tabela 2).

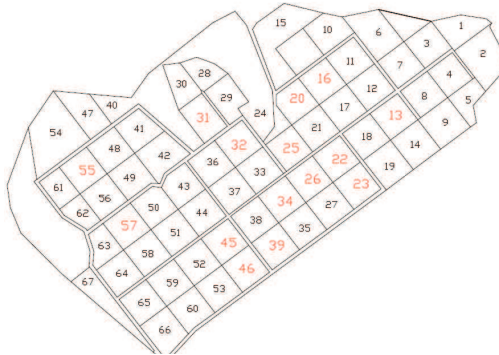


Figura 1. Divisão de área, estando em vermelho os 15 piquetes onde foi determinada a composição florística e fez-se coleta de solo para análise das variáveis do solo.

1.2.3. Medidas de solo

Para análise química e microbiológica do solo foram feitos dois transectos de 115 m formando um X em cada piquete em outubro de 2016. Com um trado calador foram coletadas 30 subamostras de solo na profundidade de 0-10 cm de cada piquete. Essas subamostras foram então homogeneizadas, formando uma amostra por piquete. Parte da amostra foi enviada ao laboratório de solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) para análises dos teores de P, K, Al, Ca, Mg, MO, pH em água e índice SMP conforme Tedesco et al., (1995).

Outra parte da amostra de solo foi transportada em caixa térmica com gelo e armazenada em geladeira a 4° para posterior análise do carbono da biomassa microbiana (Cmic) pelo método da fumigação-extração, conforme metodologia descrita por Vance et al., (1987). Considerou 0,33 o fator de correção do método do Cmic. O nitrogênio da biomassa microbiana (Nmic) foi determinado conforme metodologia descrita pelos autores (SILVA; AZEVEDO; DE-POLLI, 2007) e o fator utilizado para correção do método foi 0,54.

1.2.4. Medidas da vegetação

O levantamento florístico da pastagem foi realizado utilizando quadros de 1 m². Ao todo foram dispostos 90 quadros, e, portanto a área total amostrada é 90m². Estes foram dispostos 6 vezes/piquete, sempre a 20 metros da lateral do piquete (como uma bordadura) e a 15 metros entre si (ficando 3 quadros do lado direito do piquete e 3 quadros do lado esquerdo) em janeiro e fevereiro de 2017. As plantas foram

coletadas na fase vegetativa ou reprodutiva, em seguida herborizadas em jornal, enumeradas e identificadas em laboratório com auxílio de literatura específica. Também foi mensurada a porcentagem de solo exposto.

A vegetação foi analisada por piquete de forma qualitativa com a descrição das espécies e de forma quantitativa, em que foi calculada a riqueza de espécie, a frequência relativa e absoluta, a cobertura relativa e absoluta e o índice de valor de importância (IVI) através das seguintes fórmulas (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974):

- Riqueza de espécie (R)

$$R = \Sigma i / UA$$

Sendo:

i: espécie

UA: unidade amostral

- Frequência Absoluta (FA)

$$FA = \frac{UAi}{UA_t} \times 100$$

Sendo:

UA_i: número de unidades amostrais onde a espécie "i" ocorre

UA_t: número total de unidades amostrais

- Frequência relativa (FR)

$$FR = \frac{FAi}{\Sigma FA} \times 100$$

Sendo:

FA_i: frequência absoluta de cada espécie "i"

ΣFA: somatório da FA de todas as espécies do campo

- Cobertura absoluta (CA)

$$CA = \Sigma CAi \times 100$$

Sendo:

ΣCA_i: somatório dos percentuais de cobertura de cada espécie

- Cobertura relativa (CR)

$$CR = \frac{CAi}{\Sigma CA} \times 100$$

Sendo:

CA_i: cobertura absoluta de cada espécie "i"

ΣCA_i: somatório da CA de todas as espécies do campo

- Índice de Valor de Importância IVI

$$IVI = \frac{(CR + FR)}{2}$$

1.2.5. Estatística

O efeito do calcário nas variáveis do solo foi testado pela análise de variância (ANOVA) e foi considerada a probabilidade de erro de 0.05. A normalidade dos resíduos foi verificada pelo Shapiro-test e a homogeneidade da variância pelo Bartlett-test. As variáveis que não tiveram normalidade dos resíduos foram transformadas por log ou por raiz quadrada. A relação entre a riqueza de espécies e o carbono da biomassa microbiana (Cmic) e o nitrogênio da biomassa microbiana (Nmic) foi analisada por meio da correlação linear pelo método de Pearson.

A organização dos piquetes em função das variáveis químicas e microbiológicas do solo foi feita por meio da análise de componentes principais (PCA) com dados estandardizados. A organização dos piquetes em função da vegetação foi feita por meio da análise de coordenadas principais (PCoA), considerando a dissimilaridade de Bray Curtis e os dados transformados por Hellinger.

Foi feita a análise canônica de coordenadas principais (CAP) com a matriz de dissimilaridade das espécies calculada por Bray-curtis (BRAY; CURTIS, 1957). A análise canônica de coordenadas principais (CAP) é um procedimento de ordenação flexível e particularmente útil e restrita para a ecologia que tem a vantagem de permitir o uso de qualquer medida de distância ou dissemelhança e leva em conta a estrutura de correlação entre as variáveis na nuvem de dados de resposta (ANDERSON; WILLIS, 2003). A matriz de vegetação com a cobertura relativa de cada espécie foi transformada por Hellinger e a matriz de solo transformada por estandardização, uma vez que os dados tinham diferentes escalas de medida. Foram escolhidas para essa análise as dez primeiras espécies com maiores valores de importância (IVI).

As variáveis de solo com alta colinearidades foram retiradas uma a uma da análise por meio do *variance inflator factor* (VIF). Optou-se por manter a variável pH extraído em água com VIF=5.42, sendo este o valor de corte utilizado na análise. A significância entre as matrizes foi testada através de permutações múltiplas com 9999 permutações. Para selecionar apenas as variáveis significativas foi feita a seleção automatizada com base no critério do R² ajustado, excedendo o valor P de permutação (valor de Pin na análise=1).

Todas as análises foram feitas no programa R utilizando os pacotes *vegan* (OKSANEN et al. 2017), *car* (FOX; WEISBERG, 2011) e *ggfortify* (HORIKOSHI; TANG, 2016).

1.3. Resultados

1.3.1. Atributos químicos e microbiológicos do solo

As variáveis químicas e microbiológicas do solo são apresentadas na tabela 2 e o resultado da ANOVA na tabela 3. A ANOVA, considerado o calcário como variável explicativa não mostrou diferenças ($p < 0.05$) das doses de calcário no pH do solo, na % SAT da CTC por Al, no P, K, Al e no Cmic e Nmic (tabela 3). A variável pH foi transformada por log e as variáveis SMP, Ca, Mg, matéria orgânica (MO) e Al+H, foram transformadas por log e por raiz quadrada mas mesmo assim não cumpriram os pressupostos da ANOVA.

Tabela 2. Variáveis químicas e microbiológicas do solo coletado em 20 piquetes em 2016 na profundidade de 0 a 0,10m na fazenda Campos de Pastoreio – Bom Retiro/SC, segundo diferentes doses de calcário.

Calcário (t/ha)	0 (n=5)	0,8 (n=5)	1,25 (n=5)	2,05 (n=5)
pH em H ₂ O	5,32	5,20	5,42	5,24
SMP	5,32	5,20	5,40	5,24
P (mg/dm ³)	6,50	6,14	7,78	6,16
K (mg/dm ³)	106,8	122,2	126,2	133
Al (cmolc/dm ³)	0,34	0,40	0,14	0,26
Ca (cmolc/dm ³)	9,86	7,42	8,58	8,34
Mg (cmolc/dm ³)	5,28	4,58	6,02	5,56
Al+H (cmolc/dm ³)	10,7	11,1	8,8	10,7
CTC pH 7 (cmolc/dm ³)	26,2	23,4	23,7	24,8
%Sat CTC / Bases	57	53,2	62,8	57,4
%Sat CTC / Al	2,76	3,14	1,06	1,96
MO (%)	4,88	5,12	5,40	5,28
Argila (%)	23,0	22,0	22,0	22,8
Cmic (µg/g)	426,2	382,4	358,0	404,8
Nmic (µg/g)	14,6	13,2	13,8	14,7

Tabela 3. Análise de variância dos atributos químicos e microbiológicos de solo coletado na camada de 0 a 0,10m em 20 piquetes que receberam diferentes doses de calcário em 2013 e 2014, na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro/SC.

Variáveis	GL	valor- F	valor- P	Shapiro test	Bartlett -test
pH em H ₂ O	3	1,05	0,396	0,07	0,09
%Sat CTC / Al	3	2,02	0,15	0,91	0,7
P	3	2,43	0,103	0,77	0,98
K	3	0,97	0,431	0,15	0,43
Al	3	2,12	0,137	0,68	0,83
Cmic	3	0,56	0,645	0,72	0,46
Nmic	3	0,27	0,84	0,88	0,12

Para compreender o quanto os piquetes variavam em função do solo, foi feita uma ordenação pela análise de componentes principais (PCA) de 15 piquetes, os mesmos em que foi feito o levantamento florístico (Figura 2). A PCA mostra que os piquetes variam bastante em função dos parâmetros do solo, sendo 58% da variação dos piquetes explicada pelo eixo 1 e 18% ao eixo 2. Os piquetes 31, 45, 46 e 57 se organizam a esquerda do gráfico, diferindo dos demais piquetes do campo, principalmente pelas variáveis pH, índice SMP, magnésio e a saturação por bases. O piquete 31 também tem alto cálcio e o piquete 45 alto fósforo e Cmic.

A porcentagem de solo exposto dos 15 piquetes analisados variou de 13,21% a 0,67% tendo o campo em média 5,06% de solo exposto. Os piquetes com maiores valores de solo exposto em ordem decrescente são 39, 46, 57 e 25 e com menores valores em ordem crescente são 16, 26,13 e 23.

Ordenamento dos piquetes em função das variáveis do solo

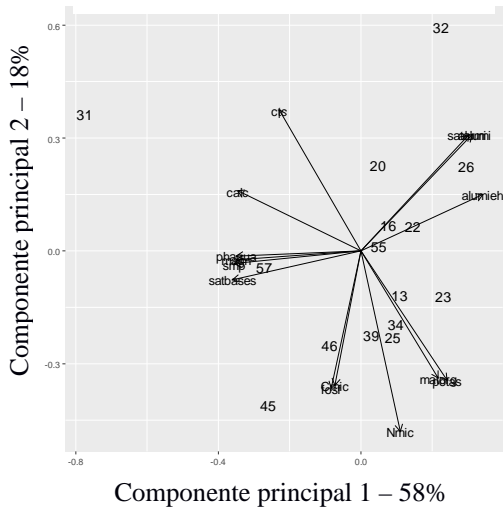


Figura 2. Ordenação de 15 piquetes por meio da análise de componentes principais (PCA) em função das variáveis químicas e microbiológicas de solo coletado na camada de 0 a 10cm em 2016 na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro-SC.

1.3.2. Vegetação

Ao total, foram encontradas 79 espécies pertencentes a 23 famílias (Figura 3). Destas, 71 são nativas e 8 são exóticas. Destacam-se em número de espécies as asteraceae e as poaceae com 19 espécies, cyperaceae com 8, fabaceae com 6 e rubiaceae com 4. São consideradas *graminóides* 27 espécies, *leguminosas* 6 espécies e *forbs* 45 espécies.

Os piquetes tiveram diferentes riquezas de espécies. O piquete 34 teve a menor riqueza com 32 espécies e o piquete 57 a maior riqueza com 45 espécies.

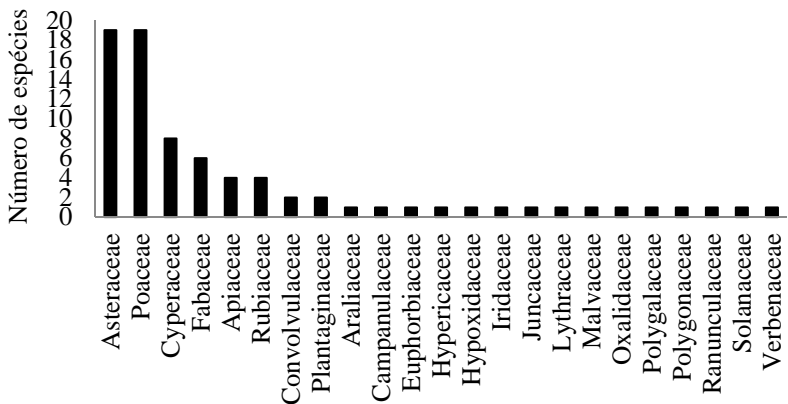


Figura 3. Número de espécies vegetais por família encontradas no levantamento florístico da pastagem em formação da fazenda Campos de Pastoreio - Bom Retiro/SC.

A curva de acumulação de espécies mostra que o esforço amostral para caracterizar a composição florística da pastagem estudada foi suficiente (Figura 4). A média de espécies e o desvio padrão por piquete ficou dentro da área sombreada que se refere ao intervalo de confiança empírico de 95% com base em 1000 permutações.

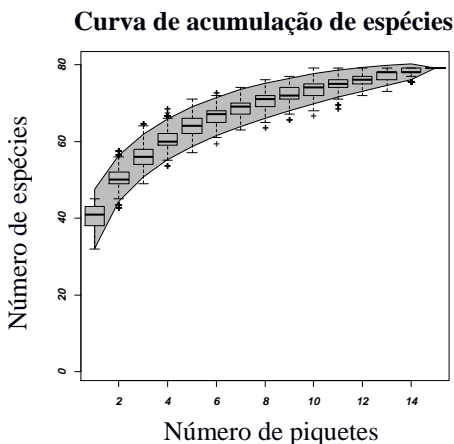


Figura 4. Curva de acumulação de espécies por piquete no levantamento florístico da pastagem perene feito em 2017 na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro-SC.

As 10 principais espécies encontradas no levantamento florístico ordenadas pelo IVI estão descritas na tabela 4. São elas *Axonopus affinis*, *Paspalum notatum* var. *saurae*, *Axonopus compressus*, *Paspalum urvillei*, *Richardia stellaris*, *Trifolium repens*, *Vernonanthura tweediana*, *Hypochaeris* sp, *Baccharis trimera* e *Elephantopus mollis*. A principal espécie de campo (*Axonopus affinis*) cobre 37,62% da área amostrada e esteve presente em 92% dos quadros lançados.

Tabela 4. Dez principais espécies do campo pelo índice de valor de importância, conforme levantamento florístico da pastagem perene em 2017, em que foram amostrados 90 quadros 1 m² em 15 piquetes da fazenda Campos de Pastoreio – Bom Retiro/SC.

Nome popular	Nome científico	FA	FR	CA	CR	IVI
Gramma tapete	<i>Axonopus affinis</i>	92	5,16	3988	37,62	21,39
Pensacola	<i>Paspalum notatum</i> var. <i>saurae</i>	76	4,23	961	9,06	6,65
Gramma missioneira	<i>Axonopus compressus</i>	73	4,10	851	8,03	6,06
Capim das roças	<i>Paspalum urvillei</i>	82	4,60	608	5,73	5,17
Poaia	<i>Richardia stellaris</i>	72	4,04	389	3,67	3,85
Trevo branco	<i>Trifolium repens</i> (E)	62	3,48	199	1,88	2,68
Assa peixe	<i>Vernonanthura tweediana</i>	42	2,36	297	2,80	2,58
Almeirão do campo	<i>Hypochaeris</i> sp	67	3,73	131	1,24	2,48
Carqueja	<i>Baccharis trimera</i>	53	2,98	154	1,45	2,22
Erva de colégio	<i>Elephantopus mollis</i>	58	3,23	116	1,09	2,16

Legenda: E=Exótica; FA= Frequência absoluta (%); FR= Frequência relativa (%); CA=Cobertura absoluta; CR=Cobertura relativa (%); IVI=Índice de Valor de Importância.

A distribuição das espécies por piquete mostra que 18 espécies estiveram presentes em 90 a 100% da área amostrada, enquanto que 32 espécies ocorreram em até 20% da área amostrada (Figura 5). As 18

espécies mais frequentes são: *Axonopus affinis*, *Axonopus compressus*, *Baccharis trimera*, *Chevreulia sarmentosa*, *Cuphea carthagenensis*, *Cyperus hermaphroditus*, *Elephantopus mollis*, *Galium humile*, *Hypochaeris*, *Hypoxis decumbens*, *Kyllinga odorata*, *Oxalis*, *Paspalum notatum* var. *saurae*, *Paspalum urvillei*, *Piptochaetium montevidense*, *Richardia stellaris*, *Sida rhombifolia* e *Trifolium repens*.

Distribuição das espécies por piquete

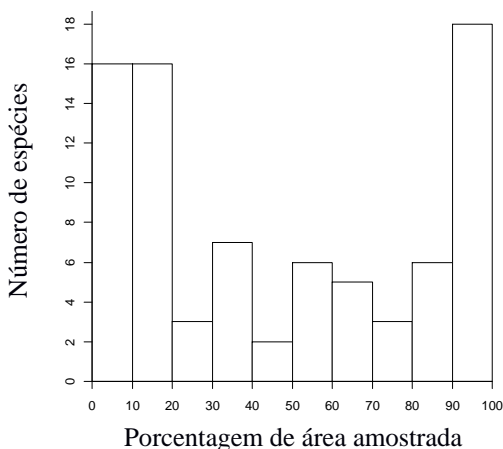
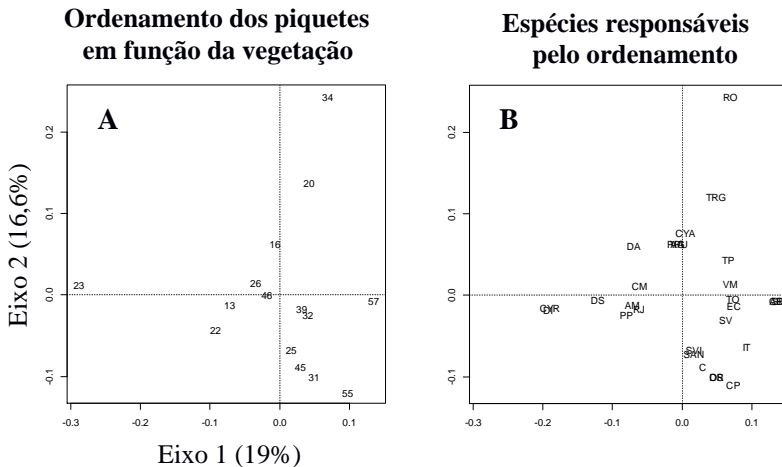


Figura 5. Distribuição das espécies perenes encontradas em 15 piquetes no levantamento florístico da pastagem perene feito em 2017 na fazenda Campos de Pastoreio – Bom Retiro/SC.

Para aprofundar sobre a distribuição das espécies no campo foi realizado o ordenamento dos piquetes em relação a vegetação (Figura 6). Essa ordenação nos permite concluir que é pequena a variação das espécies entre os piquetes (eixo 1 e eixo 2 explicam 35,6% da variação entre os piquetes) e que as espécies menos frequentes são as responsáveis pelo ordenamento. Por exemplo, o piquete 34 distancia-se dos demais pela espécie *Rumex obovatus*, o piquete 23 pelas espécies *Cyperus reflexus* e *Desmodium incanum* e o piquete 55 pela espécie *Conyza primulifolia*.



LEGENDA: (A) os números correspondem aos piquetes. (B) AE=*Apiacea exótica*; AM= *Aspilia montevidensis*; AA= *Axonopus argentinus*; C= *Cardo*; CM= *Carex longi* var. *meridionalis*; CR= *Chaptalia runcinata*; CP= *Coryza primulifolia*; CYA= *Cyperus aggregatus*; CYR = *Cyperus reflexus*; DI= *Desmodium incanum*; DS= *Dichanthelium sabulorum*; DA= *Diodia alata*; DR= *Diodia radula*; EC = *Eupatorium congestum*; IT = *Ipomoea triloba*; OS= *Panicum sellowii*; PP = *Paspalum.pauciciliatum*; PPU = *Paspalum.pumilum*; RJ= *Rhynchospora junciformis*; RO= *Rumex obovatus*; SAN = *Saccharum angustifolium*; SV= *Solanum viarum*; SI= *Sporobolus indicus*; TO= *Taraxacum officinales*; TP= *Trifolium pratense*; TRG= *Trifolium riograndense*; VM = *Verbena montevidensis* VG=*Vicia graminea*

Figura 6. Ordenação de 15 piquetes por meio análise de coordenadas principal (PCoA) em função da vegetação perene encontrada a partir do levantamento florístico feito em 2017 da pastagem em formação da fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro-SC. (A) Ordenação dos piquetes (B) Espécies responsáveis pelo ordenamento.

1.3.3. Relação entre as variáveis do solo e as principais espécies da pastagem

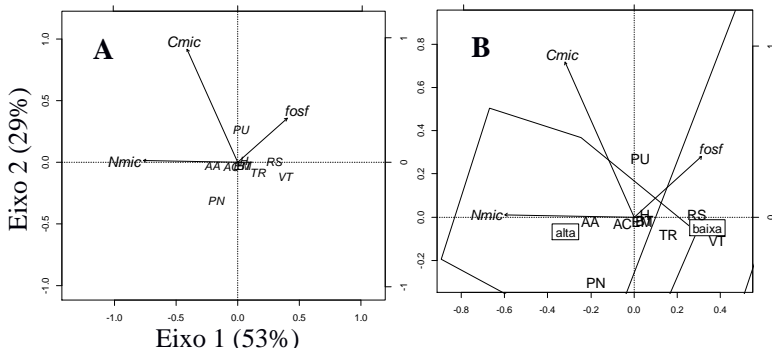
O resultado da relação entre as variáveis de solo e a composição florística é mostrado na figura 6. A significância entre as matrizes foi 0.11 ($p=0.11$), indicando uma moderada relação entre as variáveis do solo e a vegetação. As variáveis de solo com alta colinearidade foram

retiradas da análise uma a uma na seguinte ordem: cálcio, acidez potencial (H+AL), saturação da CTC por bases, alumínio, magnésio e o índice SMP. As variáveis que não apresentaram relação significativa com a vegetação também foram retiradas da análise.

As variáveis ambientais significativas foram Nmic ($p=0,09$), P ($p=0,21$) e Cmic ($p=0,27$) que explicaram 5,7% da variação dos dados ($R^2=0,07$) (Figura 7). Apresentam correlação positiva ao Nmic as espécies *Axonopus affinis* e *Axonopus compressus* e correlação negativa as espécies *Richardia stellaris*, *Vernonanthura tweediana* e *Trifolium repens*. A espécie *Paspalum urvillei* apresenta correlação positiva com o Cmic e a espécie *Paspalum notatum cv.saurea* correlação negativa com o P. As outras espécies não se associam necessariamente a uma das variáveis de solo.

A correlação de Pearson entre a riqueza de espécies / piquete e o Cmic foi -0.32 e com o Nmic foi 0.01 evidenciando baixa correlação entre a riqueza de espécie e as variáveis microbiológicas do solo.

Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) – Scaling 2 Organização das espécies em função do Nmic



LEGENDA: AA=*Axonopus affinis*; PN=*Paspalum notatum cv. saurea*. AC=*Axonopus compressus*; PU=*Paspalum urvillei*; RS=*Richardia stellaris*; TR=*Trifolium repens*; VT=*Vernonanthura tweediana*; H=*Hypochaeris*; BT=*Baccharis Trimeris*; EM=*Elephantopus mollis*.

Figura 7. Ordenação das principais espécies do campo em função das variáveis do solo por meio da Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) ($R^2=0,07$). (A) Correlação entre as variáveis significativas - Nmic, Cmic e P – com as dez principais espécies do campo. (B) Aproximação da mesma imagem nas espécies e a diferenciação dos piquetes em função dos valores alto e baixo de Nmic.

1.4. Discussão

Esse estudo encontrou que a vegetação da pastagem em formação tem alta plasticidade de ocorrência e que na interação da vegetação com o solo, o Nmic, Cmic e o P são as variáveis do solo que apresentam relação com a vegetação. Também que a intensidade de pastoreio e a sobressemeadura de espécies influenciam a composição florística da pastagem perene. Diferentes doses de calcário não modificaram os atributos químicos e microbiológicos do solo.

A pastagem em formação estudada têm 79 espécies, sendo a maior parte nativa, predominam as famílias poaceae e asteraceae e 18 espécies estiveram presentes em 90 a 100% da área amostrada. Parte dessa biodiversidade encontrada pode estar associada com o corte da pastagem rente ao solo. No contexto dos campos do sul do Brasil, a abertura do dossel favorece as espécies de porte mais baixo e de menor tamanho, que em geral são mais diversas (NABINGER; DALL'AGNOL; CARVALHO, 2006).

Estima-se que a vegetação campestre do sul do Brasil tem cerca de 3000-4000 espécies vegetais (OVERBECK et al., 2007) com predomínio de asteraceae e poaceae (BOLDRINI et al., 2009). Em Lages/SC foram identificadas 366 espécies (SANTOS, 2014), na região de Urubici/SC e Bom Retiro/SC 214 espécies (GOMES, 2009), nos campos e florestas de Urupema/SC 76 espécies herbáceas (MARTINS-RAMOS et al., 2011) e nos campos do Planalto das Araucárias 1161 espécies (BOLDRINI et al., 2009). Comparando esses resultados com a pastagem estudada, verifica-se que é bem menor a biodiversidade da pastagem em formação do que o campo nativo do Planalto Catarinense.

Ao analisar as 10 principais espécies do campo, percebe-se que *Axonopus affinis*, *Paspalum notatum* cv. *saurae*, *Axonopus compressus* e *Paspalum urvillei* são poaceae com importância na alimentação dos bovinos. *Richardia stellaris* é uma rubiácea, rasteira e com importância em cobrir o solo. *Trifolium repens* é uma leguminosa, exótica e uma planta pratense bem adaptada ao pastoreio. *Vernonanthura tweediana*, *Hypochaeris* sp, *Baccharis trimera* e *Elephantopus mollis* são asteraceae cuja polinização e dispersão acontecem pelo vento.

As três principais espécies encontradas nesse estudo ocupam 55% do campo, são forrageiras de ciclo estival e têm hábito de crescimento prostrado. Essa predominância pode estar associada com o corte da pastagem rente ao solo, o que favorece o desenvolvimento das espécies prostradas em detrimento das espécies eretas. Esse resultado

reforça a relação entre intensidade de pastejo e composição florística da pastagem. É importante considerar que no pastoreio racional, alta carga instantânea promove impactos ecológicos devido à combinação da baixa seletividade, da pequena porcentagem de desfolhação das espécies preferidas e do longo período de descanso (TEAGUE et al., 2008).

Dentre as principais espécies do campo *Vernonanthura tweediana* e *Baccharis trimera* são espécies arbustivas e não são consumidas pelos bovinos. Para controle do seu crescimento é feito o uso eventual da roçadeira o que evita que a vegetação campestre seja substituída pela vegetação arbustiva. Dessa forma esse estudo também colabora para a discussão sobre a importância das perturbações no planalto catarinense para a manutenção da vegetação campestre (BENCKE, 2009). Vale considerar que o uso da roçadeira, do fogo e o pastoreio com altas cargas instantâneas são algumas formas de perturbações do ecossistema pastoril. Também em relação às principais espécies, três são comuns em áreas antropizadas (*Paspalum urvillei*, *Richardia stellaris* e *Trifolium repens*) e *Paspalum notatum cv saurea* e *Trifolium repens* foram sobressemeadas devido ao seu interessante potencial forrageiro.

O agrupamento dos piquetes pelas variáveis de solo e pela vegetação mostra que os piquetes variam muito mais em função do solo do que em função da vegetação. Isso nos permite concluir que as principais espécies da pastagem perene apresentam alta plasticidade de ocorrência crescendo em solos com diferentes valores de pH e disponibilidade de nutrientes. A capacidade de um indivíduo produzir um fenótipo diferente é a matéria-prima necessária para a evolução e garante a adaptação das espécies de plantas às variações ambientais (SCHLICHTING, 1986). É importante considerar que em sistemas de PRV é comum haver diferenças entre os piquetes e por isso a arte de saber saltar é uma das implicações das leis universais do pastoreio racional (PINHEIRO MACHADO, 2004).

Na interação do solo com a pastagem em formação, o Nmic, Cmic e o P são os atributos do solo com relação com a vegetação. Assim as diferentes condições para o desenvolvimento da vida do solo se associam com as diferentes espécies vegetais. Esse resultado reforça a hipótese de que as interações dos microrganismos e das plantas são recíprocas, multitróficas e multidirecionais de modo que ambas dão forma à composição e à diversidade de suas comunidades (MILLARD; SINGH, 2010). Além disso, reforça a importância de incluir o Nmic

como indicador de qualidade do solo no sul do Brasil (MENDES, 2015), principalmente em situações onde se busca avaliar mudanças nos agroecossistemas.

Influenciam a biomassa microbiana a taxa de decomposição da matéria orgânica e a porcentagem de argila do solo, estando altos valores de C_{mic} e N_{mic} associados a uma baixa taxa de decomposição da matéria orgânica (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002). Em pastagens manejadas rente ao solo, maior parte do material orgânico aportado vem da raiz cuja taxa de decomposição é lenta e por isso que em geral solos de pastagens permanentes estocam altas taxas de carbono (LEMAIRE, 2012). Esse estudo encontrou que *Axonopus affinis* e *Axonopus compressus* apresentam correlação positiva ao N_{mic} , o que nos indica uma cobertura vegetal pobre em N e uma lenta taxa de decomposição. Já *Richardia stellaris*, *Vernonanthura tweediana* e *Trifolium repens* apresentam correlação negativa com o N_{mic} o que nos indica uma maior taxa de decomposição da matéria orgânica e um aporte maior de N.

O P é um macronutriente essencial para as plantas, pois atua na integridade estrutural das plantas e no armazenamento de energia da planta, com papel central em reações que envolvem adenosina trifosfato (TAIZ; ZEIGES, 2004). Esse estudo encontrou que o *Paspalum notatum* cv. *saurea* tem correlação negativa com o P, o que mostra alta capacidade de adaptação dessa espécie em solos com baixos teores de P. Trata-se de uma espécie nativa do Brasil, Uruguai e Argentina que devido a semeadura humana e sua agressividade, persistência e adaptação, está espalhada em extensas áreas do continente americano (BURTON, 1967).

Apesar do conhecido efeito do calcário na mineralização da matéria orgânica (AYE; SALE; TANG, 2016), esse estudo não encontrou influência das diferentes doses de calcário aplicado em superfície nos parâmetros químicos e microbiológicos do solo. No entanto, a saturação da CTC efetiva por alumínio é baixa, o que mostra que o manejo praticado não tem promovido a acidificação do solo. Esse resultado pode ser em função da alta porcentagem de matéria orgânica, que pode estar complexando o alumínio.

O efeito neutro do calcário no solo pode ser em função da camada de solo que foi analisada ou pelo alto poder tampão do solo, ligado à alta porcentagem de matéria orgânica e que dificulta mudanças no solo. Esse resultado também pode estar associado ao uso anterior do campo, que deve ter recebido calcário para o cultivo de lavouras.

1.5. Conclusões

Esse estudo teve um curto período de observação e em uma só estação, o que limita nossas conclusões em apontar tendências. A pastagem estudada é um campo naturalizado, uma vez que os anos de lavoura alteram o ecossistema campo nativo em todos os seus aspectos e, portanto, o termo naturalizado é mais apropriado.

Feitas essas considerações, conclui-se que: a pastagem em formação manejada por três anos em PRV apresenta boa biodiversidade, com predomínio das espécies nativas asteráceas e poáceas, com alta plasticidade de ocorrência. O corte da pastagem rente ao solo influencia a composição florística da pastagem em formação. Apresentaram relação com as principais espécies da pastagem em formação os atributos do solo: Cmic, Nmic e o fósforo. No período analisado, diferentes doses de calcário não provocaram mudanças nos parâmetros químicos e microbiológicos do solo.

ANEXO 1. Fotografia dos piquetes no momento do levantamento florístico na fazenda Campos de Pastoreio em janeiro e fevereiro de 2017.

13



16



20



22



23



25



26



31



45



46



50



52



55



56



57



ANEXO 2. Lista completa das espécies encontradas no levantamento florístico da pastagem perene feito em 2017 na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro-SC. Informação organizada pelo índice de valor de importância.

Espécie	Frequência absoluta (%)	Frequência relativa (%)	Cobertura absoluta	Cobertura relativa (%)	IVI
<i>Axonopus affinis</i>	92	5,16	3988	37,62	21,39
<i>Paspalum notatum</i> var. <i>saurae</i>	76	4,23	961	9,06	6,65
<i>Axonopus compressus</i>	73	4,10	851	8,03	6,06
<i>Paspalum urvillei</i>	82	4,60	608	5,73	5,17
<i>Richardia stellaris</i>	72	4,04	389	3,67	3,85
<i>Trifolium repens</i> (E)	62	3,48	199	1,88	2,68
<i>Vernonanthura tweediana</i>	42	2,36	297	2,80	2,58
<i>Hypochaeris</i> sp	67	3,73	131	1,24	2,48
<i>Baccharis trimera</i>	53	2,98	154	1,45	2,22
<i>Elephantopus mollis</i>	58	3,23	116	1,09	2,16
<i>Piptochaetium montevidense</i>	53	2,98	138	1,30	2,14
<i>Cuphea carthagenensis</i>	58	3,23	107	1,01	2,12
<i>Paspalum umbrosum</i>	33	1,86	249	2,35	2,11
<i>Hypoxis decumbens</i>	53	2,98	124	1,17	2,08
<i>Oxalis</i>	57	3,17	102	0,96	2,07
<i>Sida rhombifolia</i>	54	3,04	113	1,07	2,06
<i>Chevreulia sarmentosa</i>	50	2,80	120	1,13	1,96
<i>Chevreulia acuminata</i>	49	2,73	108	1,02	1,88
<i>Galium humile</i>	51	2,86	92	0,87	1,86
<i>Cyperus hermaphroditus</i>	47	2,61	99	0,93	1,77
<i>Kyllinga odorata</i>	48	2,67	92	0,87	1,77
<i>Juncus tenuis</i>	44	2,49	83	0,78	1,63
<i>Axonopus polydactylus</i>	22	1,24	185	1,74	1,49
<i>Eryngium elegans</i>	24	1,37	147	1,39	1,38
<i>Paspalum conjugatum</i>	31	1,74	102	0,96	1,35
<i>Plantago australis</i>	33	1,86	63	0,59	1,23
<i>Eragrostis polytricha</i>	24	1,37	61	0,58	0,97
<i>Pterocaulon</i>	26	1,43	46	0,43	0,93
<i>Setaria parviflora</i>	23	1,30	56	0,53	0,92
<i>Apium leptophyllum</i> (E)	20	1,12	36	0,34	0,73
<i>Centella asiática</i> (E)	18	0,99	41	0,39	0,69
<i>Dichondra sericea</i>	19	1,06	34	0,32	0,69

*Continuação na próxima página

<i>Hypericum denudatum</i>	19	1,06	34	0,32	0,69
<i>Diodia alata</i>	17	0,93	36	0,34	0,64
<i>Steinchisma hians</i>	13	0,75	50	0,47	0,61
<i>Saccharum angustifolium</i>	13	0,75	42	0,40	0,57
<i>Hyrocotyle exigua</i>	16	0,87	28	0,26	0,57
<i>Trifolium riograndense</i>	9	0,50	65	0,61	0,56
<i>Desmodium incanum</i>	4	0,25	76	0,72	0,48
<i>Conyza bonariensis</i>	12	0,68	22	0,21	0,45
<i>Rhynchospora setigera</i>	12	0,68	22	0,21	0,45
<i>Walenbergia linarioides</i>	11	0,62	26	0,25	0,43
<i>Braccharidastrum triplinerve</i>	11	0,62	20	0,19	0,41
<i>Chaptalia excapa</i>	11	0,62	20	0,19	0,41
<i>Euphorbia hirtella</i>	10	0,56	18	0,17	0,36
<i>Gamochaeta americana</i>	10	0,56	18	0,17	0,36
<i>Fimbristylis complanata</i>	8	0,43	17	0,16	0,30
<i>Sisyrinchium micranthum</i>	8	0,43	14	0,13	0,28
<i>Rhynchospora junciformis</i>	6	0,31	21	0,20	0,25
<i>Stemodia verticillata</i>	7	0,37	12	0,11	0,24
<i>Paspalum plicatulum</i>	4	0,25	19	0,18	0,21
<i>Carex longii</i> var. <i>meridionalis</i>	6	0,31	10	0,09	0,20
<i>Eupatorium congestum</i>	6	0,31	10	0,09	0,20
<i>Ipomoea triloba</i>	6	0,31	10	0,09	0,20
<i>Axonopus argentinus</i>	3	0,19	14	0,13	0,16
<i>Crepis japônica</i> (E)	4	0,25	8	0,08	0,16
<i>Trifolium pratense</i> (E)	4	0,25	8	0,08	0,16
<i>Eupatorium laerigatum</i>	3	0,19	6	0,06	0,12
<i>Taraxacum officinales</i> (E)	3	0,19	6	0,06	0,12
<i>Verbena montevidensis</i>	3	0,19	6	0,06	0,12
<i>Diodia radula</i>	2	0,12	7	0,07	0,10
<i>Paspalum pauciciliatum</i>	2	0,12	7	0,07	0,10
<i>Panicum sellowii</i>	1	0,06	10	0,09	0,08
<i>Aeschimomene falcata</i>	2	0,12	4	0,04	0,08
<i>Conyza primulifolia</i>	2	0,12	4	0,04	0,08
<i>Cyperus aggregatus</i>	2	0,12	4	0,04	0,08
<i>Cyperus reflexus</i>	2	0,12	4	0,04	0,08
<i>Dichanthelium sabulorum</i>	2	0,12	4	0,04	0,08
<i>Polygala pulchella</i>	2	0,12	4	0,04	0,08
<i>Rumex obovatus</i>	2	0,12	4	0,04	0,08

*Continuação na próxima página

<i>Sporobolus indicus</i>	2	0,12	4	0,04	0,08
<i>Anemone dacapetala</i>	1	0,06	2	0,02	0,04
Apiacea (E)	1	0,06	2	0,02	0,04
<i>Aspilia montevidensis</i>	1	0,06	2	0,02	0,04
<i>Cardo sp</i> (E)	1	0,06	2	0,02	0,04
<i>Chaptalia runcinata</i>	1	0,06	2	0,02	0,04
<i>Paspalum pumilum</i>	1	0,06	2	0,02	0,04
<i>Solanum viarum</i>	1	0,06	2	0,02	0,04
<i>Vicia graminea</i>	1	0,06	2	0,02	0,04

Legenda: E=exótica

2. ESTUDO 2 – A adubação e a calagem na produtividade e na composição de espécies de inverno sobressemeadas em pastagem polifítica em formação

2.1. Introdução

O melhoramento do campo nativo do Planalto Catarinense é uma tecnologia consolidada desde a década de 90 que utiliza a introdução de espécies hibernais como estratégia para a compensação da flutuação estacional das pastagens (CÓRDOVA et al., 2012). Tal tecnologia é necessária visto que, não obstante a flora nativa dos campos sulinos também seja formada por espécies hibernais com interessante valor forrageiro, sua produtividade e capacidade de suportes são muito baixas (NABINGER, 2006). Situação agravada em razão da frequência e da intensidade das geadas, uma vez que o campo nativo é dominado por espécies estivais. Assim, as geadas diminuem drasticamente a produção da pastagem, configurando um vazio forrageiro no final de outono e início de inverno, até que as espécies hibernais cheguem ao ponto ótimo de repouso. Vale lembrar que a produção animal a base de pasto é favorecida na região sul do Brasil em razão das chuvas uniformemente distribuídas, o que permite a produção de pastagem o ano todo (SBRISSIA et al., 2017).

Uma das formas utilizadas para introdução de espécies hibernais em uma pastagem é a técnica da sobressemeadura, que consiste em lançar as sementes de interesse forrageiro sobre a pastagem sem o revolvimento do solo. A sobressemeadura é bastante recomendada em sistemas de pastoreio racional Voisin (PRV), onde o manejo dos animais é feito com alta carga instantânea, o que possibilita pelo pisoteio dos animais adequado contato das sementes com o solo. O sucesso da sobressemeadura de espécies hibernais depende do pisoteio dos animais por pelo menos 24 horas, da presença de água no solo e da diminuição do crescimento das pastagens de verão, que acontece quando a temperatura noturna é menor que 15°C (VINCENZI, 1998). A sazonalidade da produção das pastagens é influenciada principalmente pelo fotoperíodo, pela temperatura e disponibilidade de água (ANSLOW; GREEN, 1967).

A aveia (*Avena strigosa*), o azevém (*Lolium multiflorum*), a ervilhaca (*Vicia sativa*), o centeio (*Secale cereale*) e o trevo branco (*Trifolium repens*) são algumas das espécies exóticas utilizadas no sul do Brasil como espécies de inverno. Estas espécies são exigentes em

fertilidade e por isso quando necessário é feita a correção do solo para elevar o pH do solo a 6 e a aplicação de adubos (CQFS RS/SC, 2016). Na presença de leguminosas evita-se o uso de adubos nitrogenados para favorecer a fixação biológica de nitrogênio. Na situação da necessidade de calagem e da adubação com fósforo, prioriza-se o uso de fosfato solúvel em vez de fosfato natural, uma vez que a reatividade da rocha fosfatada é favorecida em solos ácidos (TIECHER et al., 2014). Somada a essas características recomenda-se uso de adubos orgânicos em detrimento dos adubos químicos, que irão aportar além de nutrientes, material orgânico. Dentre as adubações orgânicas destaca-se o uso de composto de cama aviária pela excelente composição e dos biofertilizantes líquidos pelo baixo custo.

Inúmeros trabalhos mostram o efeito da calagem, adubações e a da semeadura de espécies hibernais no aumento da produtividade das pastagens no sul do Brasil (CÓRDOVA et al., 2012; FERREIRA et al., 2011; GATIBONI et al., 2008; PRESTES, 2015; SBRISSIA et al., 2017). No entanto, muito desse conhecimento é construído em experimentos conduzidos em pequena escala e muitas vezes sem a presença dos bovinos. Os estudos em pastagens devem ser preferencialmente feitos na escala da unidade de produção para incorporar o efeito da paisagem (TEAGUE et al., 2011). Os animais através do comportamento seletivo de pastoreio, do aporte concentrado de bosta e urina, do pisoteio e da saliva provocam perturbações importantes nos ecossistemas. Somado aos efeitos dos animais (SAVORY, 1983), o manejo das pastagens como diferentes tempos de repouso e de ocupação de cada parcela, o uso da roçadeira, o efeito dos adubos, da época de plantio e a composição florística das espécies de verão também influenciam na dinâmica do ecossistema pastoril, com efeito na produtividade da pastagem.

O objetivo desse trabalho é avaliar o efeito de duas doses de calcário, de duas formas de adubação orgânica, da porcentagem de cobertura de *Axonopus affinis* e da riqueza de espécies perenes na produtividade de espécies hibernais sobressemeadas em pastagem polifítica manejada sob PRV. As hipóteses desse trabalho são que calagem e a adubação orgânica possibilitam aumento na produtividade das pastagens de inverno e que a riqueza de espécies perenes e o percentual de cobertura de *Axonopus affinis* podem estar associados à produtividade das pastagens de inverno.

2.2. Metodologia

2.2.1. Área de estudo e histórico de manejo

A pesquisa foi realizada em um campo de produção de bovinos de corte com o sistema de pastoreio racional Voisin (PRV) (VOISIN, 1974). A área tem 45 ha, e foi subdividida em 67 piquetes de 6.400m², em junho de 2013. É localizada no Planalto Catarinense, município de Bom Retiro/SC (27°39'S, 49°46'O). O solo é classificado como Cambissolo Húmico (EMBRAPA, 2013) e essa região está inserida no Bioma Mata Atlântica (IBGE, 2014), sendo a formação predominante original do local da pesquisa a Floresta Ombrófila Mista, entremeada de campos naturais.

O clima de Bom Retiro é o Cfb na Classificação de Koppen com chuvas uniformemente distribuídas, verão ameno e geadas frequentes no período mais frio. As normais climatológicas de 30 anos, segundo Climatempo (2015) são: precipitação anual de 1.683 mm, temperatura média das máximas do mês mais quente é 22°C, e média das mínimas do mês mais frio é 7°C. Em 2017 a quantidade de chuva foi marcada por um pluviômetro no campo e somam 270mm em maio, 185mm em junho, 20mm em julho, 140mm em agosto, 52mm em setembro e 115mm em outubro.

No período de 15 de maio a 25 de agosto de 2017 houve suplementação com silagem de milho que era oferecida no próprio piquete. Assim, nesse período, o tempo de ocupação em cada piquete foi de 3 a 5 dias. A carga animal no período foi de 1,5 UGM/ha, sendo 1 UGM o equivalente a um animal de 500 kg

2.2.2. Desenho Experimental

Esse experimento foi um fatorial 3x3 com cinco repetições. Três fatores de quantidade de calcário e três fatores de adubação, resultando em nove tratamentos. As doses de calcário aplicado em superfície são 0kg/ha (T0), 1250 kg/ha de calcário em outubro de 2014 (T1) e 800 kg/ha de calcário em abril de 2013 + 1250 kg/ha em outubro de 2014 (T2). Essas doses de calcário aplicado em superfície representam 0%, 50% e 82% da dose recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6 (CQFS RS/SC, 2016).

Cada piquete foi subdividido em 3 subparcelas de 2080m² e foram aplicados os tratamentos sem adubação (A0), 2,3 ton/ha de cama aviária + 50kg/ha de superfosfato triplo (42% de P₂O₅) (A1) e Biofertilizante Supermagro diluído a 3,5% (A2). As subparcelas não foram aleatorizadas pela questão logística, que devido à necessidade de

aplicar a cama aviária com trator, optou-se por fazer esse tratamento próximo à porteira.

O Biofertilizante Supermagro (BIO) foi feito e diluído conforme recomendado nas fichas agroecológicas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Para aplicação foi diluído 1,5 litro do BIO em 40 l de água e aplicado na pastagem com bomba costal. Foram feitas duas aplicações, uma em data próxima a aplicação da cama aviária, e outra logo após a sobressemeadura.

Tabela 5: Fonte e quantidade de nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O) aplicado no tratamento cama aviária + superfosfato triplo (kg/ha).

Fonte	N	P_2O_5	K_2O
Cama Aviária	53	85	106
SFT	-	21	-

Legenda: SFT=superfosfato triplo

Todos os piquetes foram sobressemeados com aveia (*Avena strigosa*), azevém (*Lolium multiflorum*) e ervilhaca (*Vicia sativa*) nas quantidades de 62, 18 e 23 kg/ha, respectivamente. Informações detalhadas sobre as datas de implantação do experimento e as coletas de dados estão resumidas na tabela 3. Essa tabela também contém o tempo de repouso da pastagem de inverno de cada piquete, que corresponde ao tempo que a pastagem ficou crescendo da sobressemeadura até a primeira análise e desta até a segunda análise. Logo após cada análise, os animais foram colocados para pastorear o piquete levando a pastagem até rente ao solo.

Tabela 6. Aplicação do calcário (2013 = 800kg/ha; 2014 = 1250kg/ha), e no ano de 2017 de cama (2.300kg/ha), Superfosfato triplo (50kg/ha) e Biofertilizante Supermagro (diluído a 3,5%) em cada piquete amostrado, com o respectivo tempo de repouso nos dois cortes da pastagem de inverno na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro/SC.

Cal Ano	CA Data	SFT Data	BIO		Plantio Data	1° análise Data	TR Dias	2° análise Data	TR Dias
			1° dose	2° dose					
0	30.03	04.05	10.04	04.05	29.04	11.07	73	27.09	78
0	30.03	22.05	11.04	01.06	20.05	05.08	77	28.09	53
0	30.03	23.05	11.04	01.06	24.05	20.07	57	28.09	70
0	30.03	10.05	10.04	10.05	05.05	20.07	76	27.09	69
0	30.03	22.05	11.04	01.06	17.05	21.07	70	27.09	62
2014	30.03	10.05	10.04	10.05	08.05	11.07	64	27.09	78
2014	30.03	15.05	10.04	15.05	07.05	12.07	66	11.09	61
2014	30.03	15.05	10.04	15.05	09.05	12.07	64	11.09	61
2014	30.03	23.05	12.04	21.06	25.05	06.08	75	23.10	78
2014	30.03	15.05	11.04	15.05	12.05	21.07	70	27.09	68
2013/2014	30.03	24.05	12.04	01.06	26.05	05.08	53	28.09	54
2013/2014	30.03	23.05	12.04	21.06	25.05	05.08	72	NA	-
2013/2014	30.03	16.05	11.04	16.05	14.05	12.07	59	11.9	61
2013/2014	30.03	24.05	12.04	02.06	06.06	10.09	96	23.10	43
2013/2014	30.03	25.05	12.04	02.06	06.06	10.09	96	23.10	43

Legenda: Cal=calcário; CA=cama aviária; SFT=superfosfato triplo; BIO=biofertilizante supermagro TR=tempo de repouso.

2.2.3. Medidas diretas de produtividade e a composição das espécies de inverno

A produtividade e a composição das espécies de inverno foram analisadas de junho a outubro de 2017 através do método Botanal e englobam o primeiro e o segundo corte da pastagem. O método Botanal permite avaliar a produtividade e a composição de espécies de uma pastagem através da análise visual de quadros de tamanho conhecido (TOTHILL et al., 1978).

As coletas de dados foram feitas em 6 amostragens. Em cada amostragem eram avaliados 4 a 7 piquetes que estavam próximos do ponto ótimo de repouso (POR). O POR foi determinado observando o estágio de desenvolvimento das principais espécies de inverno. O POR da aveia (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) foi verificado observando o aparecimento dos primórdios florais na base do caule. A

ervilhaca (*Vicia sativa*), trevo branco (*Trifolium repens*), trevo vermelho (*Trifolium pratense*) e trevo rio-grandense (*Trifolium riograndense*) pelo aparecimento da flor, sendo o POR considerado quando 50% das plantas estivessem floridas no piquete.

Para avaliar a produtividade foi construída em cada amostragem a amplitude de produção de pasto, os padrões de referência para cada nota e por último feito a calibração do método. Para avaliar a porcentagem de cobertura das espécies de inverno, dentro de todos os quadros foi estimada a porcentagem de cobertura das espécies de interesse objetivando somar 100%. As espécies de interesse foram trevo branco (*Trifolium repens*), trevo vermelho (*Trifolium pratense*), trevo rio-grandense (*Trifolium riograndense*), aveia (*Avena strigosa*), azevém (*Lolium multiflorum*), ervilhaca (*Vicia sativa*) e *Piptochaetium montevidensis*.

Em resumo, o método Botanal adaptado e utilizado nessa pesquisa consiste em três etapas, repetidos em cada amostragem, conforme detalhamento abaixo:

Primeira etapa: Caminhar em todos os piquetes do experimento e dar nota aos piquetes considerando o desenvolvimento da pastagem de inverno. As notas variaram de 1 a 5, sendo 1 o piquete com menor produção de pastagem e 5 o piquete com maior produção. No piquete com nota 5 foi coletado pasto do local com maior produção de pasto de inverno, sendo esse o valor de referência para a nota 5. Para tanto foi usado um quadrado de 0,25m², foi tirada foto do quadrado e, em seguida, cortada rente ao solo toda a pastagem de inverno contida no quadrado. No piquete nota 1 foi coletado pasto do local com a menor produção, sendo esse o valor de referência para a nota 1. Com balança de precisão de 1g a 10kg (Marca Tomate, modelo SF-400) foi pesada a matéria verde da nota 5 e da nota 1. Com essa informação foi calculada a nota 3 ideal, que corresponde ao valor intermediário. Em seguida, através de tentativa e erro, foi encontrado o valor de referência 3. Mesmo procedimento era executado para as notas 2 e 4, sendo fotografados os quadros de referência (Figura 1) e coletado o pasto contido em cada um dos quadrados.

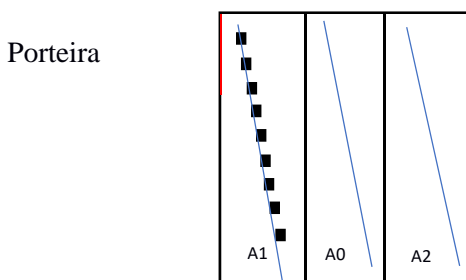
Segundo momento: em cada subparcela do desenho experimental foram dispostos 10 quadros de 0,25m² organizados em um transecto de 50m (Figura 2). Em cada quadrado era dada uma nota 0, 1, 2, 3, 4 ou 5, considerando os quadros de referência, de forma a estimar a produtividade. Em cada quadro também era calculada a porcentagem de cobertura das espécies de interesse. Ao todo em cada piquete foram

observados 30 quadros, que no conjunto do campo somaram 450 quadros no primeiro ciclo e 420 quadros no segundo ciclo. Um piquete não foi observado no segundo ciclo.



Figura 8. Fotografia dos quadros de referência das notas 1 a 5.

Terceiro momento: ao final de cada amostragem quatro quadros para cada nota foi alocado de forma aleatória na pastagem. A pastagem de inverno contida em cada quadro foi cortada rente ao solo da mesma forma como foi feito no primeiro momento. O objetivo desse terceiro momento foi verificar a correlação entre as notas dadas do início e as notas dadas no final e com isso estimar o erro associado à análise visual.



A0 = Sem adubação orgânica A1 = Cama aviária + Superfosfato triplo
A2 = Biofertilizante supermagro

Figura 7. Local do piquete em que foram aplicados os tratamentos da adubação orgânica e a forma como foram alocados os quadros para análise da pastagem de inverno da fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro/SC.

Todo o material coletado foi seco até atingir peso constante por aproximadamente três dias em estufa a 65°C e pesado em balança com precisão de 700g para cálculo da produtividade. A produtividade foi a média das 5 amostras de cada nota expressa em g/m².

2.2.4. Composição e riqueza das espécies perenes de verão

A composição florística das espécies foi feita em janeiro e fevereiro de 2017 utilizando seis quadros de 1m² por piquete, cuja metodologia foi detalhada no estudo 1. Cada subparcela, onde foi aplicada a adubação orgânica, foi alocada de forma a incluir dois desses seis quadros em cada uma delas. Dessa forma, a riqueza de espécies perenes e a porcentagem de cobertura absoluta de *Axonopus affinis* foi calculada considerando 2 m² de área amostrada por subparcela. Foi escolhido o *Axonopus affinis*, pois é a espécie que apresenta o maior índice de valor de importância. A riqueza corresponde à soma do número total de espécies de verão presente.

2.2.5. Medidas indiretas de produtividade

Foram sistematizadas as informações de janeiro a janeiro dos anos de 2014, 2015 e 2016 sobre o número de vezes de ocupações de cada piquete. A ocupação é realizada no ponto ótimo de repouso, portanto, piquetes que foram mais vezes ocupados provavelmente são os mais produtivos. Em cada ocupação um ou mais lotes de animais ocupam a parcela o tempo necessário ao consumo total da pastagem presente. No caso, em média 24h. Isso expressa a real capacidade de suporte da pastagem.

2.2.6. Estatística

A produtividade medida das espécies de inverno foi analisada através da análise de regressão logística mista binária com distribuição de Bernoulli. Isso porque a maior parte dos quadros tiveram notas 1 e 2. Dessa forma optou-se por considerar valor 0 para quadros cuja produtividade foi menor que 40g de MS/m² e valor 1 para os quadros que tiveram notas que correspondem a uma produção de pasto maior que 40g de MS/m². Os transectos foram aninhados em piquete e estes foram considerados as variáveis aleatórias do modelo estatístico. As variáveis foram agrupadas em categorias, buscando criar categorias com números equalizados de observações e com sentido biológico.

A variável tempo de repouso foi agrupada em até 65 dias e depois de 65 dias. A variável semeadura até 15 de maio e depois de 15 de maio. A variável porcentagem de cobertura absoluta de *Axonopus affinis* foi organizada em 3 categorias e a variável riqueza de espécies de verão em 2 categorias.

A análise univariada permitiu identificar quais as variáveis em estudo estavam mais associadas à produtividade da pastagem. Somente

as variáveis significativas ($p < 0.05$) foram consideradas no modelo multivariado. Os valores de P foram estimados através do teste de Tipo II Wald Chi-quadrado. A homoscedasticidade e a normalidade dos efeitos aleatórios foram testadas por meio de gráficos. Para interpretação da análise foi calculada a razão de chances e o intervalo de confiança. O coeficiente de correlação intraclasse foi calculado com a variância relacionada ao fator maior, nesse caso o piquete, conforme a fórmula: $ICC = \text{intercept_variance} / (\text{intercept_variance} + \pi^2/3)$.

Foi feito a correlação de Pearson entre a medida direta de produtividade e a medida indireta. Os dados da composição florística foram ordenados por meio da análise de coordenadas principais (PCoA) considerando a dissimilaridade de Bray-curtis e os dados transformados por Hellinger.

Todas as análises foram feitas no programa R utilizando o pacote *Lme4* (BATES et al., 2015) e *vegan* (OKSANEN et al. 2017), .

2.3. Resultados

2.3.1. Medida direta da produtividade das espécies de inverno

A produtividade média no primeiro corte foi 318 kg de MS/ha, que possibilita alimentar 26 vacas/dia considerando o consumo de 12 kg de MS/animal/dia. No segundo corte a produtividade média foi 525 kg de MS/ha, que permite alimentar 43 vacas/dia. Analisando a produtividade média por tratamento (tabela 7), o segundo corte foi mais produtivo do que o primeiro com exceção do tratamento T2+A1 que produziu 580 KG de MS/ha no primeiro corte e 438 kg de MS/ha no segundo.

O primeiro corte aconteceu nos meses de julho, agosto e início de setembro, com tempo de repouso variando de 57 dias a 96 dias e representa o crescimento da pastagem no outono e início do inverno. O segundo corte aconteceu final de setembro e final de outubro com tempo de repouso variando de 43 dias a 78 dias e representa o crescimento da pastagem em alguns piquetes de julho a início de setembro (crescimento no inverno) e outros de setembro a final de outubro (crescimento na primavera).

Vicia sativa foi a espécie que mais produziu tanto no primeiro corte quanto no segundo. No primeiro corte a *Vicia sativa* produziu em média 1899 kg de MS/ha e no segundo corte 1033 kg de MS/ha. O *Trifolium repens* foi a segunda espécie mais produtiva, produzindo 613 kg de MS/ha no primeiro corte e 930 kg de MS/ha no segundo. *Avena*

strigosa foi a gramínea que mais produziu com 711 kg de MS/ha no primeiro corte e 476 kg de MS/ha no segundo. O *Lolium multiflorum* produziu 429 kg de MS/ha no primeiro corte e 656 kg de MS/ha no segundo. O *Piptochaetium montevidensis* produziu 250 kg de MS/ha no primeiro corte e 269 kg de MS/ha no segundo. O *Trifolium riograndense* teve produção de 61 kg de MS/ha nos dois cortes e o *Trifolium pratense* produção apenas no segundo corte de 4 kg de MS/ha.

Tabela 7. Produtividade média por tratamento de dois cortes (1 = crescimento outono inverno; 2 = crescimento inverno primavera) das espécies de inverno sobressemeadas em pastagem polifítica na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro-SC.

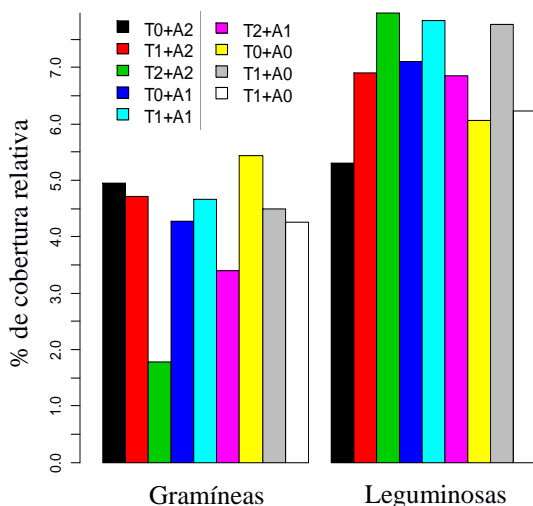
Tratamento	Corte	Média kg de MS/ha	Erro padrão	n
T0+A0	1	250	1,40	5
T0+A1	1	248	1,17	5
T0+A2	1	124	0,61	5
T1+A0	1	358	1,67	5
T1+A1	1	417	1,75	5
T1+A2	1	194	1,16	5
T2+A0	1	424	1,80	5
T2+A1	1	580	1,94	5
T2+A2	1	267	0,84	5
T0+A0	2	671	1,48	5
T0+A1	2	597	1,21	5
T0+A2	2	511	2,03	5
T1+A0	2	510	1,08	5
T1+A1	2	697	2,09	5
T1+A2	2	440	0,91	5
T2+A0	2	507	1,77	4
T2+A1	2	438	1,64	4
T2+A2	2	281	1,02	4

Legenda: T0=zero calcário; T1=50% da dose de calcário recomendada; T2=82% da dose de calcário recomendada; A0=zero adubação; A1=cama aviária+superfosfato triplo; A2=biofertilizante super magro

2.3.2. Composição florística das espécies de inverno

As leguminosas cobriram mais o campo do que as gramíneas independentemente do tratamento. Foi considerada a soma da porcentagem de cobertura relativa de leguminosas e gramíneas em cada um dos tratamentos (Figura 8). O desvio padrão dentro dos tratamentos

é alto, o que impossibilita encontrar diferenças entre os tratamentos em um intervalo de confiança de 95%.

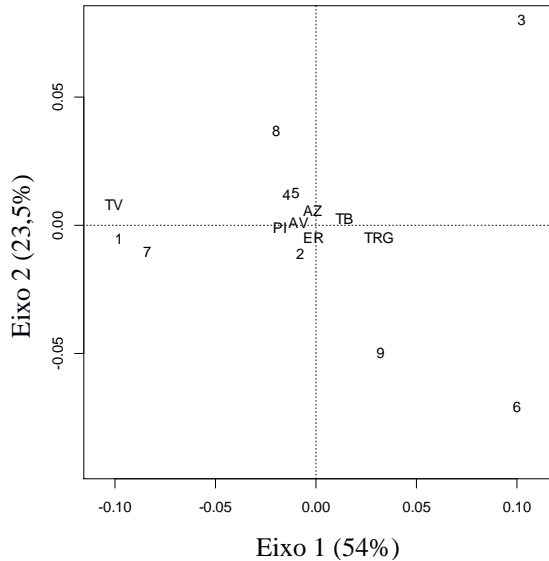


Legenda: T0=zero calcário; T1=50% da dose de calcário recomendada; T2=82% da dose de calcário recomendada; A0=zero adubação; A1=cama aviária+superfosfato triplo; A2=biofertilizante super magro

Figura 10. Porcentagem relativa de cobertura de gramíneas e leguminosas em função de diferentes doses de calcário e adubação em levantamento feito considerando apenas as pastagens de inverno em 2016 na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro-SC.

Ao organizar as informações em dois eixos por meio da PCoA, verifica-se que a cobertura relativa de cada uma das espécies variou pouco em relação aos tratamentos. Para essa análise foi considerada a soma da porcentagem de cobertura relativa de cada uma das espécies em cada um dos tratamentos. Os tratamentos T0+A2 e T0+A0 distanciam dos demais pela maior cobertura do *Trifolium pratense* e os tratamentos T2+A2 e T2+A1 pela maior cobertura de *Trifolium riograndense*. A porcentagem de cobertura demais espécies diferiram pouco em relação aos tratamentos.

Ordenamento das espécies em função dos tratamentos



Legenda: AV=*Avena strigosa*; AZ=*Lolium multiflorum*; ER=*Vicia sativa*; PI=*Piptochaetium montevidensi*; TRG=*Trifolium riograndense*; TB=*Trifolium repens*; TV=*Trifolium pratense*; 1=T0+A2; 2=T1+A2; 3=T2+A2; 4=T0+A1; 5=T1+A1; 6=T2+A1; 7=T0+A0; 8=T1+A0; 9=T2=A0; Sendo: T0=zero calcário; T1=50% da dose de calcário recomendada; T2=82% da dose de calcário recomendada; A0=zero adubação; A1=cama aviária+superfosfato triplo; A2=biofertilizante super magro.

Figura 11. Ordenamento das espécies de inverno em função de diferentes doses de calcário e adubação, com informação encontrada no levantamento florístico feito em 2017 na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro-SC.

2.3.3. Medida indireta de produtividade

A soma do número de vezes que os piquetes foram ocupados variou de 16 a 24 vezes durante os anos de 2014 e 2016. A correlação de Pearson entre a medida direta de produtividade feita em 2017 e o número de ocupação dos piquetes ao longo de 3 anos foi 0,06 o que evidencia baixa correlação entre as variáveis.

2.3.4 Fatores do ecossistema pastoril que influenciaram a produtividade

Foi testado o efeito de duas doses de calcário (50 e 82% da dose recomendada), de duas adubações (cama aviária+SFT e biofertilizante supermagro), da riqueza de espécies perenes, da porcentagem de cobertura absoluta de *Axonopus affinis*, da época de semeadura e dos diferentes tempos de repouso na produtividade das espécies de inverno. A porcentagem de cobertura absoluta de *Axonopus affinis* variou de 40% a 250% e a riqueza das espécies de verão variou de 19 a 38 espécies.

Apenas o corte e a adubação orgânica tiveram influencia significativa na produtividade da pastagem. O segundo corte da pastagem foi 6,7 vezes mais produtivo do que o primeiro corte ($p < 0,0001$). O tratamento com biofertilizante supermagro foi 4,43 vezes menos produtivo que o tratamento com cama aviária ($p < 0,001$) e 3,30 vezes menos produtivo que a testemunha ($p < 0,01$). Não foi possível testar a interação entre calcário e adubação.

O ICC foi 10,59%, o que mostra que existe alta variação entre os piquetes e que o modelo misto foi adequado para esse estudo.

Tabela 8. Resultado da análise de regressão logística binária com as variáveis significativas ($p < 0,05$) que influenciaram a produtividade das espécies de inverno no ano de 2017 na fazenda Campos de Pastoreio, Bom Retiro/SC.

Variáveis	Razão de chances	Intervalo de confiança 95%		P valor
Intercepto	0,11	0,02	0,15	-
Cama aviária + SFT _a	4,43	1,95	10,07	<0,001
Sem adubação orgânica _a	3,30	1,44	7,52	<0,01
Corte	6,70	3,45	13,01	<0,0001
Efeito aleatório	Variância	Desvio padrão		ICC%
Transecto/Piquete	1,49	1,22		
Piquete	0,66	0,81		10,59

_a Comparado com o tratamento Biofertilizante supermagro

2.4. Discussão

Como esperado esse estudo encontrou que a estação do ano foi o fator que mais influenciou a produtividade das principais espécies de inverno, sugerindo que as espécies de inverno compensam parte da flutuação estacional das pastagens. A correção do solo e a adubação não provocaram efeitos positivos na produtividade. As épocas de semeadura, que aconteceu ao longo do mês de maio, a riqueza de espécies perenes e a porcentagem de cobertura de *Axonopus affinis* não influenciaram a produtividade. Os diferentes tempos de repouso da pastagem de inverno durante o primeiro e o segundo corte também não influenciaram na produtividade da pastagem de inverno, e reforça a importância de trabalhar com tempos de repouso variável entre os piquetes.

As espécies de inverno estudadas foram mais produtivas na primavera (que representa o crescimento no inverno-primavera) do que no inverno (que representa o crescimento no outono-inverno). Esse resultado corrobora com outros estudos que mostram sazonalidade na produção das pastagens sobressemeadas em campos nativos no sul do Brasil (FERREIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2015). Esse resultado associa-se com a pequena quantidade de chuva que houve no mês de julho, o que pode ter atrasado o desenvolvimento das plantas, e com a temperatura e o fotoperíodo que mudam de uma estação para a outra. A quantidade de luz aumenta a partir do final de junho, com resposta positiva da maior parte das espécies vegetais.

Todas essas espécies exóticas consideradas “de inverno”, na verdade são espécies primaveris de clima temperado. Por serem C3 suportam melhor o frio e são cultivadas no inverno brasileiro. Embora germinem antes do fim do outono, produzem muito pouco até julho. Por isso o melhoramento do campo compensa parte da flutuação estacional. Vale considerar que o balanço hídrico é mais favorável no inverno e por isso o inverno seria a melhor época para a sobressemeadura de espécies hibernais. No entanto, as anuais de inverno (*Avena strigosa*, *Lolium multiflorum*, *Secale cereale*, *XTriticosecale*) por terem ciclo curto podem ser plantadas a partir da segunda quinzena de março no Planalto Catarinense, visando diminuir o vazio forrageiro do outono, ainda que corra o risco de um eventual veranico.

Vicia sativa e *Trifolium repens* foram as espécies que mais cobriram o campo. O melhor desempenho das leguminosas pode estar associado à capacidade que têm de se associar com bactérias que fixam o nitrogênio atmosférico. Somente quando a quantidade de nitrogênio

(N) é baixa é que as gramíneas ficam em desvantagem em relação às leguminosas (MUIR; PITMAN; FOSTER, 2011). Esse resultado sugere que a pastagem em formação apresenta baixos teores de N, o que não permite bom desenvolvimento das gramíneas sobressemeadas. Vale considerar que as leguminosas nas pastagens aumentam a entrada de N o que ativa a vida do solo e a degradação do material orgânico, provocam mudanças no solo pela profundidade alcançada pelo sistema radicular e em algumas situações colaboram para melhorar a quantidade e distribuição de forragem, diminuindo o vazio forrageiro (MUIR; PITMAN; FOSTER, 2011).

O baixo efeito da cama aviária na produtividade das espécies de inverno pode estar associado ao tempo de decomposição da cama. A cama aviária utilizada tinha mais de 180 dias de compostagem, 3% de N e 67% de matéria orgânica, o que representa uma relação C/N de aproximadamente 12/1. Os microrganismos em geral necessitam de uma relação C/N 30/1 para iniciar a decomposição de um material orgânico (KIEHL, 1985). Assim a cama aportada provavelmente tenha sofrido rápida mineralização. Dessa forma a mediana quantidade de cama aplicada, a intensa chuva que ocorreu logo após a aplicação e a sobressemeadura depois de um mês, podem ter afetado o aproveitamento dos nutrientes da cama pelas espécies sobressemeadas. A taxa decomposição dos compostos irá variar em função da vida do solo, da quantidade de chuva, da origem do material orgânico utilizado para a produção do composto e das espécies de plantas presentes (CORDOVIL et al., 2016).

O calcário não influenciou a produtividade da pastagem de inverno. Esse resultado pode estar associado com o baixo efeito do calcário no solo, que aplicado em superfície e abaixo do recomendado pode não ter provocado efeitos nos atributos do solo e, conseqüentemente, no desenvolvimento das espécies sobressemeadas. Riqueza e a porcentagem de cobertura de *Axonopus affinis* também não influenciaram a produtividade da pastagem de inverno. Esse resultado corrobora com outras pesquisas que mostram que o desenvolvimento das espécies hibernais no Planalto Catarinense é favorecido pela redução da produção das espécies de verão devido à baixa temperatura (CÓRDOVA et al., 2012; SBRISIA et al., 2017).

Diferentes doses de calcário e as diferentes adubações não provocaram mudança no desenvolvimento das espécies de inverno. Esse resultado sugere que a mescla de semente tem papel central na composição das espécies sobressemeadas. Vale considerar que em 2017

não foi semeado *Trifolium* o que demonstra a capacidade de naturalização das espécies desse gênero. *Piptochaetium montevidensis* e *Trifolium riogradense* são forrageiras nativas com desenvolvimento no inverno. Dessa forma, mais pesquisas poderiam favorecer o uso de espécies nativas hibernais no processo de melhoramento do campo, uma vez que em tese são mais adaptadas as condições de solo e clima do Planalto Catarinense.

2.5. Conclusão

A sobressemeadura de espécies hibernais auxilia na compensação da flutuação estacional das pastagens, mas é insuficiente na transição outono – inverno. Nesta pastagem em formação, verificou-se maior produtividade das leguminosas e na primavera. Calcário e adubação não provocaram efeitos positivos na produtividade e na composição das espécies de inverno. O baixo desempenho das gramíneas de inverno e o predomínio das leguminosas sugere que o solo da pastagem em formação tenha baixo teor N, insuficiente para suprir as demandas da aveia e do azevém.

ANEXO 1. Análise completa da composição da cama aviária.

Nutrientes e composição

Umidade (65 °C) - 16,42%

pH em CaCl² - 8,1

Densidade - 0,53 g/cm³

Matéria Orgânica - 67,53%

Nitrogênio Total - 3,11%

Fósforo Total - 5,53%

Potássio - 4,48%

Cálcio - 4,71%

Magnésio - 1,72%

Enxofre - 0,84%

Boro - 0,05%

Sódio - 0,8%

Cobre - 0,07%

Manganês - 0,08%

Ferro - 0,71%

Zinco - 0,06%

Alumínio - 0,47%

Cobalto - 11,58 ppm

Molibdênio - 0 ppm

Condutividade Elétrica - 1% 1,22 dS/m

Índice Salino - 12,03%

Capacidade de Troca Catiônica - 875 mmolc/kg

Solubilidade em Água à 20°C - 36,24 g/L

Silica mais Insolúveis - 5,5%

ANEXO 2. Análise completa da composição do biofertilizante supermagro.

Nutrientes e composição

Umidade - 95%

pH em água - 6,5

Densidade - 1005 kg/m³

Carbono orgânico - 18%

Nitrogênio total - 0,88%

Fósforo total - 0,19%

Potássio total - 0,83%

Cálcio total - 5,6%

Magnésio total - 4,3%

Enxofre total - 4,4%

Cobre total - 9mg/kg

Zinco total - 2,2%

Ferro total - 0,11%

Manganês total - 0,83%

Sódio total - 0,51%

Cádmio total - <0,2mg/kg

Cromo total - 18 mg/kg

Cromo hexavalente - < 1 mg/kg

Cromo trivalente - 18 mg/kg

Níquel total - 110 mg/kg

Chumbo total - 15 mg/kg

Arsênio total - < 2 mg/kg

Selênio total - <4 mg/kg

Bário total - 22 mg/kg

Molibdênio total - 0,12%

Boro total - 0,68%

Mercurio - 0,05 mg/kg

Poder de neutralização - <1%

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo modifica a composição florística da pastagem e por isso o planejamento da divisão de área e o uso dos piquetes são fatores decisivos na qualidade do ecossistema pastoril. A sobressemeadura de espécies e a intensidade de pastoreio foram fatores que influenciaram a composição florística da pastagem de verão estudada. O corte da pastagem pelos animais rente ao solo favorece o crescimento das espécies prostradas que cobrem a maior parte do campo. Duas espécies sobressemeadas o *Paspalum notatum cv saurea* e o *Trifolium repens* fazem parte do conjunto das principais espécies perenes na pastagem.

As espécies perenes da pastagem têm alta plasticidade de ocorrência, são em sua maioria nativas e têm uma importante biodiversidade. Esse estudo sugere que o pastoreio racional Voisin pode ser uma alternativa para reabilitação do ecossistema campo nativo no Planalto Catarinense. Os indicadores microbiológicos do solo e o fósforo foram as variáveis de solo mais relacionados com as principais espécies da pastagem perene. Esse resultado reforça a importância da vida do solo, principalmente em ecossistemas de baixo *input*. Também corrobora com a discussão sobre o uso dos indicadores microbiológicos no monitoramento dos agroecossistemas, principalmente em avaliações no curto prazo.

A alta sazonalidade da produção das pastagens pode ser minimizada através do melhoramento do campo sendo a mescla de sementes essencial, pois possibilita maior oferta de forragem por mais tempo e a oferta diversificada de alimento aos bovinos. A adubação e correção de solo podem favorecer no aumento da produtividade das pastagens. No entanto, esse estudo não encontrou efeitos positivos dessas práticas na pastagem com três anos de formação. Esse resultado sugere que ou deveriam ser empregadas maiores doses de adubos/corretivos ou que a pastagem nos anos de miséria responde pouco aos insumos externos.

ANEXOS

- **ESTUDO 1**

→ Para acessar os dados e o script do R:

<https://1drv.ms/f/s!AgV8g9BvbMelgax7qL-wmbbD8qnv7Q>

→ Protocolo para análise do Cmic e Nmic:

<https://1drv.ms/f/s!AgV8g9BvbMelgaw8-D9LXQlnqS77rw>

- **ESTUDO 2**

→ Para acessar os dados e o script do R:

<https://1drv.ms/f/s!AgV8g9BvbMelga9B8H1C6zGckYjsCg>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, M.; WILLIS, T. Canonical Analysis of Principal Coordinates : A Useful Method of Constrained Ordination for Ecology. *Ecology*, v. 84, n. 2, p. 511–525, 2003.
- ANDRADE, B. O. et al. Grassland degradation and restoration : a conceptual framework of stages and thresholds illustrated by southern Brazilian grasslands. *Natureza & Conservação*, v. 13, n. 2, p. 95–104, 2015.
- ANSLOW, R. C.; GREEN, J. O. The seasonal growth of pasture grasses. *The Journal of Agricultural Science*, v. 68, n. 1, p. 109–122, 1967.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Biosci. J.*, v. 23, p. 66–75, 2007.
- AYE, N. S.; SALE, P. W. G.; TANG, C. The impact of long-term liming on soil organic carbon and aggregate stability in low-input acid soils. *Biology and Fertility of Soils*, p. 1–13, 2016.
- BANDINELLI, D. G. et al. Composição florística de pastagem natural afetada por fontes de fosforo, calagem e introdução de espécies forrageiras de estação fria. *Ciência Rural*, v. 35, n. 1, p. 84–91, 2005.
- BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER S.; Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-49, 2015.
- BENCKE, G. A. Diversidade e conservação da fauna dos Campos do Sul do Brasil. In: *Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade*. p. 403, 2009
- BIASI, C. et al. Direct experimental evidence for the contribution of lime to CO₂ release from managed peat soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 40, n. 10, p. 2660–2669, 2008.
- BOLDRINI, I. I. . et al. Biodiversidade Dos Campos Do Planalto Das Araucárias. In: *BOLDRINI, I. I. (Ed.). . Biodiversidade Dos Campos Do Planalto Das Araucárias*. Brasília: MMA, 2009. v. 8117p. 240.
- BRAY, R. J.; CURTIS, J. T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, v. 27, n. 4, p. 325–349, 1957.
- BURTON, G. W. A search for the origin of Pensacola Bahia Grass. *Economic Botany*, v. 21, n. 4, p. 379–382, 1967.
- CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J. Lime application in the establishment of a no-till system for grain crop production in Southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, v. 89, n. 1, p. 3–12, 2006.
- CARVALHO, P. C. D F.; BATELLO, C. Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian Campos biome: The natural grasslands dilemma. *Livestock Science*, v. 120, n. 1–2, p. 158–162, 2009.
- CASTILHOS, Z. M. DE S.; JACQUES, A. V. Á. Pastagem natural melhorada pela sobressemeadura de trevo branco e adubaçao. *Pesquisa Agropecuária Gaucha*, v. 6, n. 1, p. 19–25, 2000.

CÓRDOVA, U. D. A. et al. Validação da tecnologia de melhoramento de pastagens naturais no Planalto Sul de Santa Catarina. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 11, n. 1, p. 54–62, 2012.

CÓRDOVA, U. de A.; PRESTES, N.E.; SANTOS, O.V. dos; ZARDO, V.F. Melhoramento e manejo de pastagens naturais no planalto catarinense. Florianópolis, 2004, 274 p.

CORDOVIL, C. M.S. et al. Decomposition rate and enzymatic activity of composted municipal waste and poultry manure in the soil in a biofuel crops field. *Science of food and agriculture*, p. 1–23, 2016.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre, 2016.

DORAN, J. W.; SAFLEY, M. Defining and Assessing Soil Health and Sustainable Productivity. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. (Eds.). *Biological indicators of soil health*, 1997, p. 1–28.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

EISENHAUER, A. N. et al. Plant diversity effects on soil microorganisms support the singular hypothesis. *Ecology*, v. 91, n. 2, p. 485–496, 2014.

FAOSTAT, Agriculture data. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/EL>. Acesso em 2017

FERREIRA, E. T. et al. Fertilization and oversowing on natural grassland: Effects on pasture characteristics and yearling steers performance. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 9, p. 2039–2047, 2011.

FORNARA, D. A. et al. Increases in soil organic carbon sequestration can reduce the global warming potential of long-term liming to permanent grassland. *Global Change Biology*, v. 17, n. 5, p. 1925–1934, 2011.

FOX, J.; WEISBERG, S.; *An R Companion to Applied Regression*, Second Edition. Thousand Oaks, 2011.

FUENTES, J. P. et al. Microbial activity affected by lime in a long-term no-till soil. *Soil and Tillage Research*, v. 88, n. 1–2, p. 123–131, 2006.

FYSTRO, G.; BAKKEN, A. K. Soil reaction, yields and herbage element content as affected by lime applied on established leys in a multi-site field trial. *The Journal of Agricultural Science*, v. 143, n. 5, p. 407, 2005.

GATIBONI, L. C. et al. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. *Ciência Rural*, v. 33, n. 2, p. 283–290, 2003.

GATIBONI, L. C. et al. Efeito da adubação fosfatada e da calagem sobre a qualidade bromatológica da forragem de pastagem natural com introdução de espécies forrageiras de inverno. *Revista de Agrociência*, v. 14, n. 3–4, p. 125–134, 2008.

GOMES, M. A. D. M. Caracterização da vegetação de campos de altitude em unidades de paisagem na região do Campo dos Padres, Bom Retiro/Urubici, SC. Dissertação (Pós-graduação em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

GREGORINI, P. et al. Grazing management: Setting the table, designing the menu and influencing the diner. *Animal Production Science*, v. 57, n. 7, p. 1248–1268, 2017.

HORIKOSHI, M.; TANG, Y. Ggfortify: Data Visualization Tools for Statistical Analysis Results, 2016.

HUBER, D.; RÖMHELD, V.; WEINMANN, M. Relationship between Nutrition, Plant Diseases and Pests. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants: Third Edition*, p. 283–298, 2011.

IBGE, Gestão do território. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/english/geociencias/geografia/redes_fluxos/gestao_do_territorio_2014/default.shtm. Acesso em 2017

IMAFLOA, Atlas: a geografia agropecuária brasileira. Disponível em: <http://www.imaflora.org/atlasagropecuario/>. Acesso em 2017

JOHNSON, D. et al. Plant community composition affects the biomass, activity and diversity of microorganisms in limestone grassland soil. *European Journal of Soil Science*, v. 54, n. December, p. 671–677, 2003.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 42, n. 1, p. 1–13, 2010.

KEMMITT, S. J. et al. pH regulation of carbon and nitrogen dynamics in two agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 38, n. 5, p. 898–911, 2006.

KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres. 1985. 492p

LEMAIRE, G. Intensification of animal production from grassland and ecosystem services: a trade-off. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, v. 7, n. 12, 2012.

MACHADO FILHO, L. C. P. Conceituando o “tempo ótimo de repouso” em Pastoreio Racional Voisin. I Encontro Pan-Americano sobre Manejo Agroecológico de Pastagens, v. 6, p. 1–2, 2011.

MACHADO FILHO, L.C.P. et al. Designing better water troughs: Dairy cows prefer and drink more from larger troughs. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 89, p.185–193, 2004.

MAGDOFF, F. Ecological agriculture: Principles, practices, and constraints. *Renewable Agriculture and Food Systems*, v. 22, n. 2, p. 109, 2007.

MAPA. Fichas agroecológicas: tecnologias apropriadas para a agricultura orgânica – Preparo do biofertilizante supermagro. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-fertilidade-do-solo/14-aplicacao-do-biofertilizante-supermagro.pdf>. Acesso em 2017

MARASCHIN, G. E. Manejo do campo nativo, produtividade animal, dinâmica da vegetação e adubação de pastagens nativas do sul do Brasil. In: *Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade*, 2009, 403.

MARTINS-RAMOS, D. et al. Florística de Floresta Ombrófila Mista Altomontana e de Campos em Urupema, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 9, n. 2, p. 156–166, 2011.

- MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETTO, A. & KIEHL, J.C. Fertilidade do solo. São Paulo, Nobel, 1983. 400p.
- MENDES, I. D. C. Bioindicadores de qualidade de Solo : Dos laboratórios de pesquisa para o campo. Caderno De Ciência & Tecnologia, v. 32, n. 1/2, p. 191–209, 2015.
- MILLARD, P.; SINGH, B. K. Does grassland vegetation drive soil microbial diversity? Nutrient Cycling in Agroecosystems, v. 88, n. 2, p. 147–158, 2010.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626p.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. Aims and methods of vegetation ecology. Wiley, New York, 1974.
- MUIR, J. P.; PITMAN, W. D.; FOSTER, J. L. Sustainable, low-input, warm-season, grass-legume grassland mixtures: Mission (nearly) impossible? Grass and Forage Science, v. 66, n. 3, p. 301–315, 2011.
- NABINGER, C. et al. Produção Animal com base no Campo Nativo : aplicação de resultados de pesquisa. In: Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade. 2009
- NABINGER, C. Manejo e produtividade das pastagens nativas do subtropico brasileiro. Simpósio De Forrageiras E Produção Animal, n. 1, p. 22–76, 2006.
- NABINGER, C.; DALL'AGNOL, M.; CARVALHO, P. C. F. Biodiversidade e produtividade em Pastagens. 2006.
- NJIRA, K. O. W.; NABWAMI, J. Soil management practices that improve soil health: Elucidating their implications on biological indicators REVIEW PAPER. Journal of Animal & Plant Sciences, v. 18, n. 2, p. 2750–2760, 2013.
- OKSANEN, J.; BLANCHET, G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; McGLINN, D.; MINCHIN, P.R.; O' HARA, R.B.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.H.H.; SZOECES, E.; WAGNER, H. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-5, 2017.
- OLIVEIRA, L. B. et al. Long-Term Effects of Phosphorus on Dynamics of an Overseeded Natural Grassland in Brazil. Rangeland Ecology and Management, v. 68, n. 6, p. 445–452, 2015.
- OVERBECK, G. E. et al. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, v. 9, n. 2, p. 101–116, 2007.
- OVERBECK, G. E. et al. Os Campos Sulinos: um bioma negligenciado. In: Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade. p. 403, 2009
- PILLAR, V. D. et al. Functional redundancy and stability in plant communities. Vegetation Science, p. 1–12, 2013.
- PILLAR, V. D.; QUADROS, F. Grassland-forest boundaries in southern Brazil. COENOSIS, v. 12, p. 119–126, 1997.
- PINHEIRO MACHADO, L.C. Pastoreio Racional Voisin: tecnologia agroecológica para o terceiro milênio. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2004. 313 p.
- POOZESH, V. et al. Re-evaluation of the liming-fertilization interaction in

- grasslands on poor and acid soils. *Grass and Forage Science*, v. 65, n. 2, p. 260–272, 2010.
- PRESTES, N. E. Calagem, adubação e introdução de espécies em pastagem natural no planalto catarinense. Tese de doutorado. Universidade do Estado de Santa Catarina, 2015.
- RHEINHEIMER, D. S. et al. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 4, p. 797–805, 2000.
- SANTOS, E. D. DOS. Florística, Fitossociologia e Relações entre as Variáveis Ambientais e a Vegetação dos Campos da Região de Lages, SC, Brasil. Dissertação (Pós-graduação em Biologia de Fungos, Algas e Plantas) - Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, 2014.
- SARANDÓN, S. J.; FLORES, C. C. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. *Agroecología*, v. 4, p. 19–28, 2009.
- SAVORY, A. The Savory Grazing Method or Holistic Resource Management. *Rangelands*, v. 5, n. 4, p. 155–159, 1983.
- SBRISSIA, A. F. et al. Animal production on cultivated pasturelands in regions of temperate climate of Latin America. n. January, 2017.
- SCHLICHTING, C. D. The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annu.Rev.Ecol.Syst.*, v. 17, n. 143, p. 667–693, 1986.
- SCHMITT FILHO, A. L. Divisão da pastagem: uma necessidade ecológica. CRMV -PR, p. 1–17, 2002.
- SILVA, E. E. DA; AZEVEDO, P. H. S. DE; DE-POLLI, H. Determinação do Nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMS-N): Comunicado técnico. Seropédica/RJ, 2007.
- SIX, J. et al. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research*, v. 79, n. 1, p. 7–31, 2004.
- STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: Microbiological indicators. *Acta Agriculturae Scandinavica - Section B Soil and Plant Science*, v. 49, n. 1, p. 1–24, 1999.
- TAIZ, L.; ZEIGES, E. *Fisiologia Vegetal* - 3 ed, Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.
- TEAGUE, R. et al. Benefits of multi-paddock grazing management on rangeland: limitations of experimental grazing research and knowledge gaps. *Grasslands: Ecology, Management and Restoration*, p. 1–40, 2008.
- TEAGUE, W. R. et al. Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 141, n. 3–4, p. 310–322, 2011.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS,S.J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2ª ed. Porto Alegre: UFRGSC/ Departamento de solos, 1995. 174p
- TIECHER, T. et al. Phosphorus application and liming effects on forage production, floristic composition and soil chemical properties in the Campos

- biome, southern Brazil. *Grass and Forage Science*, v. 69, n. 4, p. 567–579, 2014.
- TILMAN, D. et al. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*, v. 294, n. 5543, p. 843–845, 2001.
- TILMAN, D. The greening of the green revolution. *Science (New York, N.Y.)*, v. 396, p. 211–212, 1998.
- TOTHILL, J. C. et al. Botanal – a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. CSIRO-Tropical Agronomy Technical Memorandum, 1978.
- VAN DER WAL, A. et al. Dissimilar response of plant and soil biota communities to long-term nutrient addition in grasslands. *Biology and Fertility of Soils*, v. 45, n. 6, p. 663–667, 2009.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 19, n. 6, p. 703–707, 1987.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Revisão de literatura: uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, v. 33, n. 1, p. 743–755, 2009.
- VINCENZI, M. L. Fatores essenciais para o sucesso da sobre-semeadura da espécies de inverno em campos naturais e naturalizados. Em: *Reunião do grupo técnico em forrageiras do cone sul - Zona Campos, Lages*, p.20-39, 1998.
- VOISIN, A. *Dinâmica das pastagens*. Sao Paulo: Mestre Jou, 1975. 406 p.
- VOISIN, A. *Produtividade do Pasto*. Sao Paulo: Mestre Jou, 1974. 520 p.