

TIAGO MIQUELOTO

**DINÂMICA DO PERFILHAMENTO E ACÚMULO DE FORRAGEM EM PASTOS
DE *Pennisetum clandestinum* E *Festuca arundinacea* CULTIVADOS EM
ASSOCIAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência Animal, Área de Concentração: Produção Animal.

Orientador: André Fischer Sbrissia

**LAGES
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Miqueloto, Tiago
Dinâmica do perfilhamento e acúmulo de forragem
em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca*
arundinacea cultivados em associação / Tiago
Miqueloto. - Lages , 2018.
99 p.

Orientador: André Fischer Sbrissia
Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Lages,
2018.

1. coexistência entre plantas. 2. composição
botânica. 3. demografia populacional. 4. gramíneas
perenes C3 e C4. I. Fischer Sbrissia, André . II.
Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa
de Pós-Graduação. III. Título.

TIAGO MIQUELOTO

DINÂMICA DO PERFILEAMENTO E ACÚMULO DE FORRAGEM EM PASTOS
DE *Pennisetum clandestinum* E *Festuca arundinacea* CULTIVADOS EM
ASSOCIAÇÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência Animal, Área de Concentração: Produção Animal.

Banca examinadora:

Orientador:

Professor Dr. André Fischer Sbrissia
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membro:

Professor Dr. Sila Carneiro Da Silva
Universidade de São Paulo - USP

Membro:

Professor Dr. Carlos Guilherme Silveira Pedreira
Universidade de São Paulo - USP

Membro:

Dr. Tiago Celso Baldissera

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI

Membro:

Professor Dr. Henrique Mendonça Nunes Ribeiro Filho
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Lages, 26 de abril de 2018

Dedico aos meus pais, Neri Luiz e Zanete.
Minha eterna gratidão.

Ofereço à minha irmã, Aquidauana
Miqueloto e àqueles que contribuíram
para minha formação pessoal e
profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, acima de tudo.

Aos meus pais, Neri Luiz e Zanete, pela entrega absoluta e incondicional na minha formação pessoal e profissional.

À minha irmã, Aquidauana e ao seu marido, Odimar, por terem me mostrado o significado das palavras responsabilidade e dedicação.

Ao professor Dr. André Fischer Sbrissia, pela oportunidade concedida, pela orientação inestimável, confiança e pelo exemplo de conduta pessoal e profissional.

À Priscila, pela parceria, pelos momentos de descontração e por tornar meus dias mais alegres e encantados.

A todos que contribuíram na elaboração, construção e/ou condução do trabalho: Cauby, Clovinho, Tetê, Pablo, Winter, Andreza, Angela, Priscila, Joilson, Hactus, Paulo, Gabriela, Dildinha, Japa, Boleto, Bicudo, Jaiane, Mayeve, Angélica, Luís, Lorena, Luana, Márcia, Guga, Elvis, Crislauana, Matheus, Artur, Alechandro, Arthur, Pandolfo, Daniel, Luciano, Tonelada, Mauricio, Mochilinha, Tetinha, Juliana, Fernanda, Luciano, Evelin, Wiggers, Júlia, Lavínia, Vitória P., Vitória R., Roberto, Diana e Léderson.

À UDESC, pelo ensino de qualidade e estrutura disponíveis desde a minha graduação até o desenvolvimento dessa Tese.

À FAPESC pela concessão de bolsa de estudo.

A todos os funcionários terceirizados da UDESC pela cooperação e amizade.

A todos os professores e colegas do curso de pós-graduação.

A todos que de alguma forma contribuíram na construção deste trabalho.

“Quando você perceber que, para produzir, precisa obter a autorização de quem não produz nada; Quando comprovar que o dinheiro flui para quem negocia não com bens, mas com favores; Quando perceber que muitos ficam ricos pelo suborno e por influência, mais que pelo trabalho, e que as leis não nos protegem deles, mas, pelo contrário, são eles que estão protegidos de você; Quando perceber que a corrupção é recompensada, e a honestidade se converte em auto sacrifício; Então poderá afirmar, sem temor de errar, que a sua sociedade está condenada.” Ayn Rand

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a demografia do perfilhamento, estabilidade populacional e o acúmulo de forragem em pastos de *Pennisetum clandestinum* (capim-quicuiu) e *Festuca arundinacea* (festuca) cultivados em associação submetidos a diferentes condições de manejo. O experimento foi conduzido no centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, Brasil. Os tratamentos consistiram em cinco condições de manejo (7; 12; 17; 12/7 e 17/7 cm), sendo que em três deles os pastos foram ininterruptamente mantidos em alturas de 7, 12 e 17 centímetros por meio de simulação de lotação contínua ao longo de todo período experimental. Os demais tratamentos, 12/7 e 17/7, referem-se a combinações de alturas de 12 e 17 cm com rebaixamentos pontuais para 7 cm no outono, exclusivamente no mês de maio. Após o rebaixamento estratégico, permitiu-se que os mesmos retornassem as suas alturas originais (12 e 17 cm) as quais foram mantidas até o outono seguinte, quando novamente realizou-se o mesmo procedimento. O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados com três repetições. A dinâmica do perfilhamento foi avaliada em anéis de PVC de 20 cm de diâmetro fixados ao solo por meio de grampos metálicos. Adicionalmente foram calculadas as taxas de aparecimento e sobrevivência de perfilhos e relações entre elas derivadas. O acúmulo de forragem foi avaliado por meio do uso de gaiolas de exclusão. A composição botânica foi obtida a partir das amostras de estimativas de massa de forragem coletadas com auxílio de quadros metálicos de 0,24 m² de área. O capim-quicuiu apresentou padrão de renovação da população majoritariamente estival. Contudo, o número de perfilhos por geração e a longevidade das mesmas diminuiu à medida que se aumentou a altura de manejo dos pastos. A festuca apresentou padrão hibernal de perfilhamento. Além disso, o número de perfilhos por geração e a longevidade das mesmas foram similares nas condições de tratamentos de 12, 17, 12/7 e 17/7. Durante o ano de 2016 os pastos apresentaram instabilidade transitória durante o outono. No ano de 2017 foram observados incrementos populacionais durante a época de inverno em todas as condições de manejo. O acúmulo de forragem dos pastos foi similar entre todas as condições de manejo em ambos os anos de avaliação. Durante o ano de 2016 o maior acúmulo de forragem foi registrado na época de inverno/primavera e no ano de 2017 o maior acúmulo de forragem foi observado nas épocas de verão e inverno/primavera. A *Festuca arundinacea* cv. Rizomat coexiste com o *Pennisetum clandestinum* em alturas de manejos variando entre 7 e 17 cm. O rebaixamento de outono não altera o acúmulo de forragem em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cv. Rizomat cultivados em associação manejados em alturas entre 12 e 17 cm.

Palavras chave: Coexistência entre plantas. Composição botânica. Demografia populacional. Gramíneas perenes C₃ e C₄.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate tillering dynamics, populational stability and forage accumulation in pastures of *Pennisetum clandestinum* and *Festuca arundinacea* grown in association under different grazing management strategies. The experiment was conducted at Centro de Ciências Agrovetrinárias of the Santa Catarina State University, Lages, SC, Brazil. The treatments consisted of five grazing management conditions (7; 12; 17; 12/7 and 17/7), and in three of them, the pastures were maintained at 7, 12 and 17cm canopy heights throughout the whole experimental period. The other treatments, 12/7 and 17/7, refer to combinations of heights of 12 and 17 cm with a strategic grazing down to 7 cm in autumn, exclusively in the month of May. After the strategic reduction, they were allowed to return to their original heights (12 and 17 cm) which were maintained until the following autumn, where the same procedure was performed again. The experimental design was in randomized complete blocks with three replicates. Tillering dynamics was evaluated in PVC circles of 20 cm diameter fixed to the ground by means of metal clips. In addition, the rates of emergence and survival of tillers and the relationships between them were evaluated. Forage accumulation was evaluated through the use of exclusion cages technique. The botanical composition was obtained from samples of forage mass estimates collected with the aid of metallic frames with a surface area of 0.24 m². The Kikuiu grass presented a pattern of tiller renewal mostly in summer, however, the number of tillers per generation and the longevity of them decreased as the canopy height increased. The tall fescue plants presented a pattern of winter renewal, in addition, the number of tillers per generation and the longevity of the same were similar in the treatment conditions of 12, 17, 12/7 and 17/7. During the year 2016, the pastures presented transient instability during the autumn. In the year 2017, population increases were observed during the winter season in all management conditions. Forage accumulation was similar among all treatment in both evaluation years. During the year of 2016, the greatest accumulation of forage was recorded during the winter/spring season and in 2017, the greatest accumulations of forage were observed during the summer and winter/spring seasons. The *Festuca arundinacea* cv. Rizomat coexists with *Pennisetum clandestinum* at management heights ranging from 7 to 17 cm. The autumn grazing down does not alter the forage accumulation in pastures of *Pennisetum clandestinum* and *Festuca arundinacea* cv. Rizomat grown in association managed at heights between 12 and 17 cm.

Key words: Coexistence between plants. Botanical composition. Population demography. Perennials grasses C₃ and C₄.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Precipitação, insolação e temperaturas (máximas, médias e mínimas) durante o período experimental e valores médios dos últimos 68 anos em Lages, Santa Catarina, Brasil. Fonte: Centro de informações de recursos ambientais e de hidrometeorologia de Santa Catarina – EPAGRI-CIRAM 45
- Figura 2 - Alturas reais em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação em diferentes meses do ano durante os anos de 2016 e 2017..... 47
- Figura 3 - Demografia do perfilhamento em populações de *Pennisetum clandestinum* (capim-quicuiu) e *Festuca arundinacea* (festuca) cultivados em associação submetidos a alturas de manejo durante os anos de 2016 e 2017..... 55
- Figura 4 - Índice de estabilidade populacional de perfilhos em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017. 63
- Figura 5 - Taxa de acúmulo de forragem em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo (A) em diferentes épocas do ano durante o ano de 2016 (B) e em 2017 (C). 78
- Figura 6 - Índice de área foliar em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017. 86
- Figura 7 - Densidade populacional de perfilhos em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017..... 87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Ocorrência de geadas durante o período experimental, Lages, Santa Catarina, Brasil.....	45
Tabela 2 -	Adubação nitrogenada realizada em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação durante os anos de 2016 e 2017.	48
Tabela 3 -	Datas de avaliação da dinâmica do perfilhamento (geração de perfilhos a-x) ao longo do período experimental.....	49
Tabela 4 -	Densidade populacional de perfilhos em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.....	52
Tabela 5 -	Porcentagem de perfilhos de festuca (F) e de capim-quicuiu (Q) em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.....	53
Tabela 6 -	Taxa de aparecimento de perfilhos de festuca em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.	58
Tabela 7 -	Taxa de aparecimento de perfilhos de capim-quicuiu em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.	59
Tabela 8 -	Taxa de sobrevivência de perfilhos de festuca em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.	60
Tabela 9 -	Taxa de sobrevivência de perfilhos de capim-quicuiu em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.	61
Tabela 10 -	Número absoluto de perfilhos de festuca surgidos em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.	61
Tabela 11 -	Número absoluto de perfilhos de capim-quicuiu surgidos em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.	62

Tabela 12 - Massa de forragem em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.....	80
Tabela 13 - Porcentagem de folhas em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.....	81
Tabela 14 - Porcentagem de colmo em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.....	82
Tabela 15 - Porcentagem de material morto em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.....	83
Tabela 16 - Porcentagem de festuca (F) e de capim-quicuiu (Q) na massa de forragem em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.....	84
Tabela 17 - Área foliar por perfilho em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.....	85
Tabela 18 - Porcentagem de perfilhos de festuca (F) e de capim-quicuiu (Q) em pastos de <i>Pennisetum clandestinum</i> e <i>Festuca arundinacea</i> cultivados em associação e submetidos a cinco condições de manejo ao longo de dois anos de avaliação...88	

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1	COMPETIÇÃO ENTRE PLANTAS: SIMULAÇÕES POR MEIO DE MODELOS MATEMÁTICOS.....	25
2.2	BIODIVERSIDADE DE PLANTAS E SUA RELAÇÃO COM ESTABILIDADE DO ECOSSISTEMA.....	26
2.3	BIODIVERSIDADE DE PLANTAS E SUAS RELAÇÕES COM PRODUTIVIDADE DO ECOSSISTEMA	27
2.4	MANEJO E SUAS RELAÇÕES COM A PERSISTÊNCIA E COEXISTÊNCIA ENTRE ESPÉCIES VEGETAIS.....	29
2.5	TIPOS DE GRUPOS FUNCIONAIS EM SISTEMAS ECOLÓGICOS CLÁSSICOS E PASTORIS	30
2.6	REFERÊNCIAS	32
3	HIPÓTESES	37
3.1	GERAL	37
3.2	ESPECÍFICAS	37
4	OBJETIVO	39
4.1	GERAL	39
5	DINÂMICA DO PERFILHAMENTO DE GRAMÍNEAS PERENES DE CICLO FOTOSSINTÉTICO C₃ E C₄ CULTIVADAS EM ASSOCIAÇÃO	41
5.1	RESUMO	41
5.2	INTRODUÇÃO.....	41
5.3	MATERIAL E MÉTODOS	44
5.3.1	Local, condições climáticas e implantação da área experimental	44
5.3.2	Tratamentos, delineamento experimental e manejos	46
5.3.3	Variáveis medidas e calculadas	48

5.3.4	Análise estatística.....	50
5.4	RESULTADOS	51
5.4.1	Densidade populacional de perfilhos e proporção de perfilhos de cada espécie associada	51
5.4.2	Demografia do perfilhamento	53
5.4.3	Taxas de aparecimento e sobrevivência de perfilhos e número absoluto de perfilhos surgidos de cada espécie	58
5.4.4	Estabilidade populacional de perfilhos do cultivo associado	63
5.5	DISCUSSÃO.....	63
5.6	CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES	67
5.7	REFERÊNCIAS	68
6	ACÚMULO DE FORRAGEM EM PASTOS DE <i>Pennisetum clandestinum</i> E <i>Festuca arundinacea</i> CULTIVADOS EM ASSOCIAÇÃO	71
6.1	RESUMO	71
6.2	INTRODUÇÃO.....	71
6.3	MATERIAL E MÉTODOS	73
6.3.1	Local, condições climáticas e implantação da área experimental	73
6.3.2	Tratamentos, delineamento experimental e manejos	74
6.3.3	Variáveis medidas e calculadas	75
6.3.4	Análise estatística.....	77
6.4	RESULTADOS	77
6.4.1	Acúmulo de forragem.....	77
6.4.2	Massa de forragem e composição botânica dos pastos	79
6.4.3	Área foliar por perfilho e índice de área foliar	84

6.4.4	Densidade populacional e porcentagem de perfis de cada espécie	86
6.5	DISCUSSÃO.....	88
6.6	CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES	93
6.7	REFERÊNCIAS	95
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	99

1 INTRODUÇÃO

É inegável que a produção animal em pasto é a forma mais barata de se produzir carne e leite. Nesse sentido, áreas geográficas como a região sul do Brasil, com clima temperado e chuvas bem distribuídas ao longo do ano (ALVARES et al., 2013) ganham destaque, uma vez que as condições edafoclimáticas presentes nessas latitudes possibilitam a produção de forragem praticamente o ano todo.

Dentro de modelos de sistemas com uso de espécies cultivadas, a produção de forragem no sul do Brasil é definida basicamente por meio dos monocultivos de gramíneas perenes durante o período estival (espécies C₄) (CASTRO et al., 2013) e monocultivos ou cultivos associados entre gramíneas anuais durante o período hibernal (espécies C₃) (ROMAN et al., 2010; AGUINAGA et al., 2008), sendo as mais utilizadas os cultivares das espécies de aveia (*Avena sativa L.*) e azevém anual (*Lolium multiflorum Lam.*). Apesar da possibilidade do uso combinado entre gramíneas perenes estivais e gramíneas anuais hibernais, ainda se observa em dois períodos do ano uma diminuição acentuada na produção de forragem. Durante o período outonal, a baixa produção de forragem ocorre devido à diminuição de produção das espécies estivais limitadas pelas baixas temperaturas e radiação solar. Além disso, esse período coincide com a época de semeadura das espécies anuais de inverno, as quais estarão aptas para o pastejo somente em um intervalo aproximado de 40-50 dias após a semeadura. Por outro lado, o déficit de forragem observado durante a primavera ocorre devido às baixas produções das gramíneas anuais hibernais, uma vez que estão finalizando seu ciclo (período de florescimento), e das gramíneas perenes estivais, as quais estão iniciando seu rebrote.

Nesse contexto, o cultivo associado entre gramíneas perenes de vias metabólicas C₃ e C₄ pode ser uma alternativa viável para atenuar a oscilação da produção de forragem ao longo do ano e também reduzir os custos com a compra anual de sementes. Contudo, um dos grandes desafios para o êxito desse tipo de sistema está relacionado com a escolha adequada da espécie hibernal, uma vez que esta terá que tolerar alto grau de estresse abiótico (decorrente das altas temperaturas ocorridas durante o verão) e de competição (momento do ano em que a gramínea perene estival está em pleno estádio vegetativo). Dentre as opções de plantas forrageiras perenes hibernais a *Festuca arundinacea* pode ser considerada uma das poucas gramíneas perenes de inverno capaz de tolerar esse tipo de condição, uma vez que possui características clássicas de plantas conservadoras de recursos (GRIME, 1977).

Trabalhos na área de ecologia (TILMAN; REICH; KNOPS, 2006; LEHMAN; TILMAN, 2000) têm mostrado que ambientes multiespecíficos (sistemas formados por duas ou

mais espécies vegetais) apresentam maior estabilidade de produção de biomassa ao longo do tempo além de proporcionar benefícios diretos ao ecossistema como, por exemplo, melhorias na utilização e captação de recursos (água e nutrientes), melhor cobertura do solo e ciclagem de nutrientes (ALTIERI, 1999). No entanto, informações referentes à formulação e manejo de sistemas constituídos por gramíneas forrageiras perenes C₃ e C₄ são praticamente inexistentes na literatura.

Portanto, estudos que buscam o entendimento das relações entre manejo e estabilidade de produção em sistemas gerados a partir do cultivo associado entre gramíneas forrageiras perenes C₃ e C₄ são indispensáveis para a criação desse tipo de modelo produtivo e realizações dos benefícios proporcionados por meio da diversificação do sistema pastoril.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 COMPETIÇÃO ENTRE PLANTAS: SIMULAÇÕES POR MEIO DE MODELOS MATEMÁTICOS

Os ecossistemas são formados por organismos que interagem entre si principalmente em relação à produção e utilização de recursos que estão presentes no meio. Além disso, são estruturados por meio de interações, frequentemente competitivas, entre as diversas espécies, as quais encontram “fórmulas” para prosperar, crescer e também substituir aquelas que não se adaptam a tais condições. As interações entre espécies variam ao longo do tempo em resposta à variação na disponibilidade de fatores climáticos (temperatura, pluviosidade, radiação solar) e recursos (nutrientes), os quais determinam o funcionamento de todo o ecossistema.

Tilman, Polasky e Lehman (2005) propuseram dois modelos matemáticos de competição multiespecífica por recursos. O primeiro modelo assume que o habitat possui um único recurso (nitrogênio) e fator físico (temperatura) que limitam o crescimento e a abundância (produção de biomassa) de todas as espécies presentes. No segundo modelo as espécies que compõem o sistema são limitadas por dois recursos ou fatores físicos.

Dentro do primeiro modelo são apresentados dois cenários, em um deles o fator físico é considerado constante e no outro o fator físico é variável ao longo do tempo e do espaço. As taxas de crescimento de todas as espécies são influenciadas pela ação conjunta entre a disponibilidade de recurso (nitrogênio) e do fator físico (temperatura). No entanto, somente o recurso é consumido para a produção de biomassa que, por sua vez, determina a abundância de todas as espécies. Por outro lado, a temperatura atua sobre a dinâmica das interações competitivas. Por exemplo, em um habitat fisicamente homogêneo, em que o fator físico (temperatura) é constante, a espécie predita para substituir todas as outras será aquela cuja faixa de temperatura que desempenha o seu máximo potencial competitivo esteja mais próxima da temperatura do ambiente. Isso significa que a espécie que apresentar menor valor de R^* (R asterisco), espécie que é mais hábil em reduzir a concentração do recurso mais limitante (TILMAN; POLASKY; LEHMAN, 2005), dominará o ecossistema (TILMAN, 1976). No cenário em que o fator físico é variável no espaço e no tempo como, por exemplo, uma pastagem perene que passa por grandes variações de temperatura ano após ano, é possível que um maior número de espécies possam coexistir (TILMAN; POLASKY; LEHMAN, 2005) desde que cada espécie seja uma competitora superior numa faixa específica de temperatura dentro de uma amplitude de variação (LEHMAN; TILMAN, 2000). Assim, as melhores

combinações serão aquelas em que o atributo de cada espécie (temperatura em que cada espécie expressa o seu máximo potencial competitivo) se estenda ao longo de todo o espectro de variação das condições físicas (temperatura). Nessas condições, as simulações sugerem que não existe nenhum sistema constituído de uma única espécie que seja tão produtivo quanto os sistemas que são constituídos por duas espécies, ou quanto sistemas constituídos de “n” espécies (TILMAN; POLASKY; LEHMAN, 2005).

No segundo modelo proposto por Tilman, Polasky e Lehman (2005) estão envolvidos simultaneamente a competição por dois recursos (nitrogênio e fósforo) ou fatores limitantes (luz e temperatura). Por meio de diferenças fisiológicas e morfológicas, cada espécie difere na relação requerida de recursos e fatores limitantes para a expressão de seu potencial produtivo. Nesse cenário nenhuma espécie possui superioridade competitiva ao longo de todo o habitat, uma vez que as diferenças intrínsecas (morfológicas e fisiológicas) e a relação para aquisição de nutrientes (por exemplo, relação nitrogênio/fósforo) diferem entre as espécies. Dessa forma, cada espécie “deixa” quantidades de recursos não consumidos em regiões limítrofes da sua ótima relação (nitrogênio/fósforo), possibilitando, desse modo, a invasão e persistência de outras espécies.

2.2 BIODIVERSIDADE DE PLANTAS E SUA RELAÇÃO COM ESTABILIDADE DO ECOSISTEMA

Alguns trabalhos têm estudado as relações entre biodiversidade e estabilidade (TILMAN; REICH; KNOPS, 2006; TILMAN; POLASKY; LEHMAN, 2005; LEHMAN; TILMAN, 2000) e os resultados convergem, de maneira geral, para uma resposta comum em que a diversidade é positivamente correlacionada com a estabilidade de produção de biomassa da comunidade vegetal (TILMAN; WEDIN; KNOPS, 1996; CARDINALE et al., 2013).

Cottingham, Brown e Lennon (2001) por meio de simulações matemáticas verificaram a flutuação da população de cada espécie e de toda comunidade ao longo do tempo para comunidades constituídas por uma, três e cinco espécies. Os autores observaram que o aumento do número de espécies (de uma para cinco) resultou no aumento da estabilidade da comunidade (população agregada das espécies) ao longo do tempo. No entanto, a população individual de cada espécie tornou-se mais instável a medida que a comunidade ficou mais diversificada.

Considerando que estabilidade temporal de uma comunidade vegetal pode ser definida como o somatório da abundância (produção de biomassa) de todas as espécies, dividida pela raiz quadrada do somatório de todas as variâncias e covariâncias das espécies constituintes, a

relação entre biodiversidade e estabilidade pode ser solucionada por meio matemático (LEHMAN; TILMAN, 2000). Estatisticamente, se uma variável aleatória x (produção média de biomassa da espécie “A” num ambiente multiespecífico) é reduzida pela metade, a sua variância é reduzida a quarta parte. Isso conduz a um raciocínio, segundo qual o aumento da biodiversidade reduz a produção média de biomassa de espécies individuais por meio de interações competitivas, mas, no entanto, a redução da produção de cada espécie pode resultar em redução mais que proporcional das suas variâncias. Dessa forma, quando as variâncias de todas as espécies individuais são integradas ao cálculo da estabilidade temporal, o ecossistema pode tornar-se temporariamente estável puramente por fundamentação estatística (LEHMAN; TILMAN, 2000). Além disso, a estabilidade temporal da comunidade também é dependente do efeito de covariância. A covariância fornece uma medida de interação entre espécies, tendendo a ser menor para espécies mais competitivas. Dessa forma, se a soma das covariâncias for menor com o aumento da diversidade, o seu efeito fará com que a comunidade se torne temporariamente mais estável (LEHMAN; TILMAN, 2000).

2.3 BIODIVERSIDADE DE PLANTAS E SUAS RELAÇÕES COM PRODUTIVIDADE DO ECOSISTEMA

Praticamente nas duas últimas décadas se intensificaram os estudos que relacionam o efeito da biodiversidade e produtividade do ecossistema (TILMAN; WEDIN; KNOPS, 1996; HECTOR et al., 1999; VAN RUIJVEN; BERENDSE, 2003; CARDINALE et al., 2007) e a grande maioria dos autores concordam que a diversificação de sistemas gera maior produtividade comparativamente aos sistemas mais simplificados. Hector et al. (1999), por meio de modelagem matemática, avaliaram o efeito da biodiversidade sobre a produção primária utilizando dados coletados em ecossistemas pastoris da Europa pelo projeto BIODEPTH (Biodiversity and Ecosystems Processes in Terrestrial Herbaceous Ecosystems). Concluíram que o aumento da produção primária em função do aumento da diversidade é decorrente do efeito combinado entre diferenciação de nicho e facilitação, os quais, conjuntamente, são denominados de efeito de complementariedade. A diferenciação de nicho é responsável pela melhor utilização dos recursos, uma vez que cada espécie possui características morfológicas específicas, possibilitando, desse modo, que o ambiente seja melhor explorado. Por outro lado, o efeito de facilitação retrata o beneficiamento entre espécies como, por exemplo, o uso de leguminosas em pastagens mistas com gramíneas, onde a

gramínea se beneficia por meio do uso do nitrogênio atmosférico fixado pelas plantas leguminosas presentes na área.

Alguns autores também sugerem que o efeito de complementaridade, além de melhorar a funcionalidade do ecossistema (VAN RUIJVEN; BERENDSE, 2003), também possibilita a coexistência de espécies em longo prazo (BERENDSE, 1979; LEHMAN; TILMAN, 2000; MOUQUET et al., 2012). Vale ressaltar que a complementariedade é definida como o efeito associado entre facilitação e diferenciação de nicho. Além disso, a identificação dos mecanismos de complementaridade e suas características são essenciais para compreender o efeito da diversidade sobre a produtividade (VAN RUIJVEN; BERENDSE, 2003).

Tilman, Reich e Isbell (2012) investigaram os efeitos de alguns fatores sobre a produção de biomassa do ecossistema em experimentos cujo período de avaliações correspondeu entre cinco e 28 anos. Os fatores avaliados englobavam biodiversidade, adição de nitrogênio, irrigação, fogo e herbivoria. Os autores concluíram que a biodiversidade é um determinante tão importante para a produção da comunidade vegetal quanto as variáveis abióticas e os distúrbios. No entanto, o efeito isolado da biodiversidade *per se* resultou em maior produção de biomassa vegetal do que qualquer outro fator estudado.

Weigelt et al. (2009) verificaram o efeito da riqueza de espécies combinado à intensidade de manejo e seus impactos sobre a produtividade em diferentes comunidades vegetais conduzidas em iguais condições abióticas em Thuringia, na Alemanha. O gradiente de diversidade constituiu de 1, 2, 4, 8 e 16 espécies escolhidas ao acaso dentro de quatro grupos funcionais (gramíneas, pequenos arbustos, arbustos maiores e leguminosas) as quais foram distribuídas em 78 unidades experimentais. O gradiente da intensidade de manejo variou de 1 a 4, sendo que “1” representou um corte no final de julho sem adição de nitrogênio; “2” representou três cortes por ano da biomassa vegetal sem adição de nitrogênio (N); “3” referiu-se a três cortes de biomassa vegetal ao longo do ano com a adição de 200 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de N e “4” constituiu de quatro cortes mais adição de 200 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de N. Os principais resultados obtidos sugerem que o aumento da riqueza de espécies teve maior impacto sobre a produtividade do que a intensificação de manejo. Por outro lado, o aumento do número de grupos funcionais na mistura impactou menos do que a intensificação do manejo, mas teve melhor resposta do que efeito isolado da fertilização.

2.4 MANEJO E SUAS RELAÇÕES COM A PERSISTÊNCIA E COEXISTÊNCIA ENTRE ESPÉCIES VEGETAIS

O manejo pode modificar a composição botânica e estrutural da comunidade vegetal por meio de alterações competitivas interespecíficas (BANYIKWA, 1988) ou em função do efeito direto decorrente do pastejo seletivo (BRISKE; NOY-MEIR, 1998; HICMANN et al., 2004).

Mueggler (1972) avaliou o efeito combinando entre três níveis de desfolhação e três níveis de competição sobre a persistência de *Agropyron spicatum* em pastagens naturais no sudeste de Montana, EUA. Os níveis de desfolhação corresponderam 1) ausência de desfolhação; 2) remoção de 50% da biomassa vegetal de *A. spicatum* durante o período de florescimento e 3) remoção de 50% da biomassa de *A. spicatum* durante período de florescimento, seguido de um corte de altura de resíduo em 8 cm quando as plantas do tratamento controle encontravam-se em estágio de desenvolvimento de sementes. Por sua vez, os níveis de competição foram I) elevada-ausência de desfolhação da vegetação natural no entorno da planta de *A. spicatum*; II) parcial-corte da vegetação no entorno da planta de *A. spicatum* no nível do solo; III) ausência de competição-remoção de toda a vegetação localizada no entorno de *A. spicatum*. Mueggler (1972) observou que o aumento do nível de severidade de desfolhação, juntamente com o incremento do nível de competição, reduziu a persistência da espécie. Contudo, esse autor observou também que o efeito negativo da desfolhação (desfolhação muito severa) sobre a persistência de *A. spicatum* foi significativamente reduzido por meio da redução simultânea do nível de competição. Nesse sentido, Collins et al. (1998) destacaram que a luz é o principal fator que regula a coexistência de espécies em uma comunidade vegetal.

Em um trabalho recente Tannas, Hewins e Bork (2015) avaliaram o efeito da adubação nitrogenada, umidade e severidade de desfolhação sobre a persistência de *Festuca campestris* cultivada em associação com *Poa pratensis*, e observaram que em condições de baixa disponibilidade de nitrogênio, apesar de ocorrer o cessamento da emissão de perfilhos, a *F. campestris* aumentou a massa radicular (aumenta relação raiz/parte aérea), presumidamente como estratégia para aumentar o acesso ao nitrogênio do solo. Contudo, em situações de baixa disponibilidade de nitrogênio e umidade, o aumento da severidade de desfolhação reduziu a habilidade da *F. campestris* em acessar recursos abaixo do solo, uma vez que a relação raiz/parte aérea foi reduzida.

Em manejos lenientes é comum observar animais realizarem pastejo seletivo, selecionando alguns perfilhos, enquanto outros de mesma espécie ou de espécies diferentes são

deixados intactos, mesmo estando localizados próximos àqueles pastejados. Nesse sentido a rebrota de perfilhos desfolhados pode ser influenciada por meio da translocação de reservas ou de fotoassimilados de perfilhos intactos para os desfolhados, desde que ainda estejam interconectados com a mesma planta (MARSHALL; SAGAR, 1968; ONG et al., 1978), ou o perfilho pastejado terá que competir com perfilhos levemente desfolhados ou intactos por recursos, como água, luz e nutrientes (WHITE, 1973) para assegurar sua persistência.

Avaliando o efeito do manejo do pastejo sobre a diversidade de espécies em um ecossistema nativo na parte central da América do Norte, Hicmann et al. (2004) observaram que a densidade animal teve efeito significativo sobre a composição botânica, diversidade de espécies e diversidade das formas de crescimento das plantas, sendo que as maiores densidades de lotação animal resultaram em maior diversidade de espécies vegetais.

Em trabalho realizado com pastagens naturais do semiárido do Irã, Moradi et al. (2016) destacaram que as variações abióticas (temperatura e precipitação) ao longo do ano apresentaram maior impacto sobre a diversidade e composição botânica do que a intensidade de manejo. Contudo, Archer e Detling (1984) sugeriram que os herbívoros podem mediar as interações competitivas entre as espécies vegetais em função da desfolhação diferencial das plantas. Nesse sentido, Hicmann et al. (2004) afirmam que a densidade animal é a variável chave no manejo, uma vez que influencia diretamente a composição botânica e a diversidade das espécies.

2.5 TIPOS DE GRUPOS FUNCIONAIS EM SISTEMAS ECOLÓGICOS CLÁSSICOS E PASTORIS

As características biológicas (velocidade de crescimento, absorção de nutrientes, tolerância ao pastejo, entre outras) que as espécies vegetais apresentam dentro da comunidade vegetal estão positivamente correlacionadas com a função que desempenham. Tais características intrínsecas podem ser utilizadas para a classificação do tipo ou grupo funcional que a espécie representa.

Por meio de observações que relacionam a presença de espécies vegetais com o tipo de habitat avaliado, Grime (1974) classificou a vegetação em três grupos funcionais: espécies competidoras “C”, espécies estresse-tolerantes “S” e ruderais “R” (plantas daninhas). Mais precisamente, o pesquisador alocou toda a vegetação no interior de um triângulo equilátero e sugeriu que os vértices da figura geométrica representavam a importância relativa máxima de

cada grupo funcional. Além disso, o investigador constatou a ocorrência de algumas espécies vegetais em regiões de transição entre habitats (plantas que se encontravam em regiões intermediárias entre os vértices do triângulo equilátero), sugerindo que uma mesma planta poderia representar mais de um grupo funcional como, por exemplo, espécie competitidora-ruderal (C-R); competitora estresse-tolerante (C-S); ruderal estresse-tolerante (S-R) e plantas C-S-R (GRIME, 1977).

Diferentemente dos estudos ecológicos clássicos, Cruz et al. (2002) propuseram uma classificação específica para o sistema pastoril, na qual integraram simultaneamente as habilidades de uma planta em adquirir recursos e adaptar-se à desfolhação. Dentro da estratégia de aquisição de recursos, a espécie pode ser competitora ou conservadora. Já a capacidade de adaptação à desfolhação refere-se à plasticidade fenotípica apresentada pela espécie.

A interação entre as características aquisitivas de recursos e adaptativas à desfolhação deu origem a quatro grupos funcionais de espécies forrageiras dentro do sistema pastoril: plantas do Tipo A: caracterizadas por elevada habilidade em capturar recursos, rápida ciclagem de nutrientes e adaptadas a desfolhações frequentes e severas (apresentam taxas de crescimento elevada, pico de crescimento atingido rapidamente, alta digestibilidade e baixa eficiência de utilização de minerais do solo); plantas do Tipo B: são hábeis em capturar recursos, lenta ciclagem de tecidos e adaptam-se a desfolhas pouco frequentes e lenientes (taxa de crescimento elevada, pico de crescimento atingido tardiamente, digestibilidade satisfatória e moderada utilização de nutrientes do solo); plantas do Tipo C: são hábeis em conservar recursos, apresentam rápida ciclagem de tecidos e são adaptadas a desfolhações frequentes e severas (baixa taxa de crescimento, pico de crescimento atingido tardiamente, baixa digestibilidade e alta eficiência de utilização de recursos do solo); plantas do Tipo D: são hábeis em conservar recursos, apresentam lenta ciclagem de tecidos e são adaptadas a desfolhações pouco frequentes e lenientes (baixa taxa de crescimento, pico de crescimento atingido tardiamente, baixa digestibilidade e elevada eficiência de utilização de minerais do solo).

Uma vez que se conheça o tipo ou grupo funcional a que as plantas forrageiras se enquadram, o próximo passo recai sobre a finalidade ou o tipo de modelo a ser construído como, por exemplo, modelo destinado à conservação de recurso, modelo para a restauração de áreas degradadas ou modelos altamente produtivos. No entanto, independentemente da finalidade para qual o modelo será construído, deve-se levar em conta a capacidade combinatória das espécies como, por exemplo, fenologia, taxas de crescimento, estatura, arquitetura e requerimentos de recursos, além de componentes dinâmicos que incluem mudanças nas

relações entre as espécies em função das variações de suas taxas de crescimentos e o uso de recursos por meio de diferentes mecanismos (EWEL; MAZZARINO, 2008).

Nesse contexto, o cultivo associado entre duas gramíneas perenes, *Festuca arundinacea* (festuca) e *Pennisetum clandestinum* (capim-quicuiu), com características morfológicas e fisiológicas distintas poderia ser um modelo passível de coexistência. A festuca (planta C₃) é uma planta perene de inverno de longa duração, cespitosa e com rizomas curtos. É amplamente distribuída como uma gramínea nativa de clima temperado ao longo do continente Europeu, porção norte do continente Africano, oeste e região central da Ásia. Apresenta sistema radicular profundo e denso (GIBSON; NEWMAN, 2001) e tem a capacidade de retirar água de perfis do solo em profundidade superior a 1 m (GARWOOD; TYSON; SINCLAIR, 1979). Apresenta exigência média em fertilidade e adapta-se a condições de pH entre 4,5 e 9,5 (OLIVEIRA; MORAES, 1995). Além disso, a festuca é funcionalmente definida como planta do tipo estresse-tolerante (GRIME, 1977).

O capim-quicuiu (planta C₄) é uma gramínea perene de verão, estolonífera e rizomatosa, originária de regiões de solos férteis, e tem ocorrência natural na porção leste e central do continente Africano, como por exemplo, Quênia e Etiópia (MOORE; SANFORD; WILEY, 2006). O capim-quicuiu é uma planta competitora e tem se naturalizado em áreas com elevado grau de distúrbio. É sensível a seca e moderadamente tolerante a geadas. Apesar disso, a geada não tem efeito impactante sobre os seus rizomas e estolões, permitindo assim o seu rápido crescimento e restabelecimento em condições ambientais favoráveis (MOORE; SANFORD; WILEY, 2006).

2.6 REFERÊNCIAS

AGUINAGA, A. A. Q. et al. Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.9, p.1523-1530, 2008.

ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Berkeley, v. 74, p. 19-31, 1999.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n.6, p. 711-728, 2013.

ARCHER, S.; DETLING, J. K. The effects of defoliation and competition on regrowth of tillers of two North American mixed-grass prairie graminoids. **Nordic Society Oikos**, Copenhagen, v. 43, p. 351-357, 1984.

BANYIKWA, F. F. The growth response of two east african perennial grasses to defoliation, nitrogen fertilizer and competition. **Nordic Society Oikos**, Copenhagen, v. 51, n. 1, p. 25-30, 1988.

BERENDSE, F. Competition between plant populations with different rooting depths. **Oecologia**, Berlin, n. 43, p. 19-26, 1979.

BRISKE, D.D.; NOY-MEIR, I. Plant responses to grazing: a comparative evaluation of annual and perennial grasses. In: PAPANASTASIS, V.P; PETER, D. (Eds.) **Ecological Basis of Livestock Grazing in Mediterranean Ecosystems**, Luxembourg: European Commission, Science, Research and Development, 1998. p. 13–26.

CASTRO, L. M. et al. Produção de forragem e composição estrutural de pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés manejados em diferentes alturas de pastejo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, p. 4145-4156, 2013.

CARDINALE, B. J. et al. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Santa Barbara, v. 104, n. 46, p.18123–18128, 2007.

CARDINALE, B.J. et al. Biodiversity simultaneously enhances the production and stability of community biomass, but the effects are independent. **Ecology**, California, v. 94, n. 8, p. 1697–1707, 2013.

COLLINS, S. L. Modulation of diversity by grazing and mowing in native tallgrass prairie. **Science**, v. 280, Washington, p. 745-747, 1998.

COTTINGHAM, K. L.; BROWN, B. L.; LENNON, J. T. Biodiversity may regulate the temporal variability of ecological systems. **Ecology Letters**, [S.l.], v. 4, p. 72-85, 2001.

CRUZ, P. et al. Une nouvelle approache pour caractériser les prairies naturelles et leur valeur d'usage. **Fourrages**, Latvia, v. 172, p. 335-354, 2002.

EWEL, J.J.; MAZZARINO, M.J. Competition from below for light and nutrients shifts productivity among tropical species. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Santa Barbara, v. 105, n. 48, p.18836–18841, 2008.

GARWOOD, E.A; TYSON, K. C.; SINCLAIR, J. Use of water by six grass species. 1. Dry-matter yields and response to irrigation. **Journal of Agricultural Science**, [S.l.], v. 93, p. 13–24, 1979.

GIBSON, D.J.; NEWMAN, J. A. *Festuca arundinacea* Schreber (*F. elatior* L.spp. *arundinacea* (Schreber) Hackel). **Journal of Ecology**, London, v. 89, n. 1975, p. 304–324, 2001.

GRIME, J. P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American Naturalist**, Chicago, v. 111, n. 982, p. 1169-1194, 1977.

GRIME, J.P. Vegetation classification by reference to strategies. **Nature**, v. 250, p. 26–31, 1974.

HECTOR, A. et al. Plant diversity and productivity experiments in European Grasslands. **Science**, Washington, v. 286, n. 5442, p.1123–1127, 1999.

HICKMAN, K. R. et al. Grazing management effects on plant species diversity in tallgrass prairie. **Journal of Range Management**, Denver, v. 57, n. 1, p. 58-65, 2004.

LEHMAN, C. L.; TILMAN, D. Biodiversity, stability, and productivity in competitive communities. **The American Naturalist**, Chicago, v. 156, n.5, p. 534–552, 2000.

MARSHALL, C.; SAGAR, G. R. The distribution of assimilates in *Lolium multiflorum* Lam. following differential defoliation. **Annals of Botany**, Oxford, v. 32, n. 128, p. 715-719.

MOORE, G.; SANFORD, P.; WILEY, T. **Perennial Pastures for Western Australia**, Perfh, 2006.

MORADI, E. et al. Grazing intensity and environmental factors effects on species composition and diversity in rangelands of Iran. **Journal of Plant Nutrition**, [S.l.], v. 39, p. 2002-2014, 2016.

MOUQUET, N. et al. Ecophylogenetics: advances and perspectives. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 87, p. 169-785, 2012.

MUEGGLER, W. F. Influence of competition on the response of bluebunch wheatgrass to clipping. **Journal of Range Management**, [S.l.] v. 25, n. 2, p. 88-92, 1972.

OLIVEIRA, J. C. P.; MORAES, C. O. C. Cadeia forrageira para a região da campanha. In: FEDERACITE. **Cadeias Forrageiras Regionais**. Porto Alegre, 1995, p. 29-42.

ONG, C. K.; MARSHALL, C.; SAOAR, G. R. The physiology of tiller death in grasses. 2. Causes of tiller death in a grass sward. **Journal of the British Grassland Society**, Sutton Bonington, v. 33, p. 205-211, 1978.

ROMAN, J. et al. Características produtivas e perdas de forragem em pastagem de azevém com diferentes massas de forragem. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.16, n.1-4, p.109-115, 2010.

TANNAS, S.; HEWINS, D. B.; BORK, E. W. Isolating the role of soil resources, defoliation, and interspecific competition on early establishment of the late successional bunchgrass *Festuca campestris*. **Restoration Ecology**, Washington, v. 23, n. 4, p. 366-374, 2015.

TILMAN, D. Ecological competition between algae: experimental confirmation of resource-based competition theory. **Science**, Chicago, v. 192, p. 463–465, 1976.

TILMAN, D., POLASKY, S.; LEHMAN, C. Diversity, productivity and temporal stability in the economies of humans and nature. **Journal of Environmental Economics and Management**, [S.l.], n. 49, p.405–426, 2005.

TILMAN, D.; REICH, P. B.; KNOPS, J.M.H. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. **Nature**, v. 441, n. 7093, p. 629–632, 2006.

TILMAN, D.; REICH, P.B.; ISBELL, F. Biodiversity impacts ecosystem productivity as much as resources, disturbance, or herbivory. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Santa Barbara, v. 109, n. 26, p.10394–10397, 2012.

TILMAN, D.; WEDIN, D.; KNOPS, J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. **Nature**, v. 379, p. 718-720, 1996.

VAN RUIJVEN, J.; BERENDSE, F. Positive effects of plant species diversity on productivity in the absence of legumes. **Ecology Letters**, [S.l.], v. 6, n. 3, p.170–175, 2003.

WEIGELT, A. et al. Biodiversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. **Biogeosciences**, [S.l.], v. 6, n. 8, p.1695–1706, 2009.

WHITE, L. M. Carbohydrate reserves of grasses: a review. **Journal of Range Management**, Denver, v. 26, n. 1, p. 13-18, 1973.

3 HIPÓTESES

3.1 GERAL

Estratégias de manejo do pastejo determinam a coexistência e o acúmulo de forragem entre duas espécies de gramíneas perenes fisiologicamente distintas (*Pennisetum clandestinum* “planta do tipo C₄” e *Festuca arundinacea* cv. Rizomat “planta do tipo C₃”).

3.2 ESPECÍFICAS

- a) a intensidade do pastejo altera a estabilidade populacional das espécies cultivadas em associação;
- b) o rebaixamento estratégico dos pastos no período de outono aumentará a participação da *Festuca arundinacea* cv. Rizomat no cultivo associado.

4 OBJETIVO

4.1 GERAL

Determinar a persistência e a produção de forragem do cultivo associado entre *Pennisetum Clandestinum* e *Festuca arundinacea* cv. Rizomat em cinco condições de manejo.

5 DINÂMICA DO PERFILHAMENTO DE GRAMÍNEAS PERENES DE CICLO FOTOSSINTÉTICO C₃ E C₄ CULTIVADAS EM ASSOCIAÇÃO

5.1 RESUMO

O cultivo associado entre gramíneas perenes C₃ e C₄ possibilita estender a estação de crescimento de um pasto, podendo conferir maior resistência e resiliência a estres ambientais, além de assegurar maior sustentabilidade ao sistema de produção animal. Este trabalho parte da hipótese de que cultivo associado entre *Pennisetum clandestinum* (C₄) e *Festuca arundinacea* cv. Rizomat (C₃) livre de fungos endofíticos é possível de coexistência. O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica do perfilhamento do capim-quicuiu e da festuca e o índice de estabilidade populacional (IEP) do cultivo associado entre essas espécies submetidas a cinco condições de manejo durante dois anos de avaliação. Os tratamentos consistiram de cinco condições de manejo, três delas (7, 12 e 17 cm) representaram alturas em que os pastos foram mantidos ininterruptamente durante todo o período experimental e as demais (12/7 e 17/7 cm) consistiram em alturas de manejo associadas a rebaixamentos dos pastos a 7 cm durante o outono. O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados com três repetições. A dinâmica do perfilhamento foi avaliada por meio do uso de dois anéis de policloreto de vinila (PVC) com área de 0,0314 m² por unidade experimental. O IEP foi calculado por meio das taxas de aparecimento e sobrevivência das gerações de perfilhos surgidas ao longo do tempo. O rebaixamento de outono (12/7 e 17/7 cm) não alterou a dinâmica do perfilhamento e o IEP dos pastos. No ano de 2016, os pastos permaneceram estáveis independente da condição de manejo. Contudo, apresentaram instabilidade transitória durante o outono, em função das baixas taxas de aparecimento e de sobrevivência de perfilhos registradas naquele período, para ambas as espécies. Durante o inverno do ano de 2017, houve incrementos populacionais de perfilhos em todas as condições de manejo, decorrentes das altas taxas de aparecimento e de sobrevivência de perfilhos de festuca. Nossa trabalho mostra que é possível a coexistência entre o capim-quicuiu e a festuca cv. Rizomat livre de fungos endofíticos em alturas de manejo variando entre 7 a 17 cm, apesar da população de festuca ter predominado nos pastos submetidos a manejos moderadamente lenientes (12 cm) e lenientes (17 cm) ao final do experimento.

Palavras chave: Alturas de manejo. Demografia do perfilhamento. *Festuca arundinacea*. *Pennisetum clandestinum*. Sobrevivência de perfilhos.

5.2 INTRODUÇÃO

Áreas do globo terrestre com climas do tipo Cfa e/ou Cfb (ALVAREZ et al., 2013) apresentam condições favoráveis para a produção animal em pasto praticamente ao longo de todo o ano, uma vez que a ausência de uma estação seca definida e a grande amplitude térmica anual nessas latitudes possibilitam o cultivo de espécies forrageiras estivais durante as estações mais quentes (primavera e verão) e hibernais durante as estações mais frias (outono e inverno). Nesse sentido, uma possibilidade de modelo para a produção animal em pasto seria aquele

composto pelo cultivo associado entre duas gramíneas perenes de vias fotossintéticas C₃ e C₄, sendo possível dessa forma estender o período de utilização da pastagem, conferindo maior resiliência a estresses ambientais e também podendo levar a uma maior sustentabilidade do sistema de produção (STEINER; FRANZLUEBBERS, 2009).

Um dos grandes desafios para o sucesso de sistemas biodiversos constituídos pela associação entre gramíneas perenes de vias metabólicas diferentes é a escolha da espécie hibernal, uma vez que essa planta terá que tolerar principalmente durante o período estival um alto grau de estresse térmico (proveniente das elevadas temperaturas) e de competição, visto que a planta estival estará em pleno estádio vegetativo. Nesse sentido, a *Festuca arundinacea* (festuca) é uma das poucas gramíneas perenes de inverno capazes de tolerar ambientes estressantes (FRANZLUEBBERS; STUDEMANN; SEMAN, 2012). Na literatura já se tem informações referentes ao manejo e produção (de forragem e animal) em sistemas formados pelo cultivo associado entre *Cynodon dactylon* (gramínea perene estival) e *Festuca arundinacea* em áreas onde o clima é definido como Cfa (PITMAN, 1999; READ; LANG; AIKEN, 2016). Contudo, nesse tipo de cenário, onde a temperatura média do ar no mês mais quente ultrapassa os 23 °C e a competição interespecífica por luz, água e nutrientes é praticamente constante ao longo do ano, a persistência da festuca é somente assegurada por meio da associação simbiótica com fungos endofíticos selvagens ou via inoculação (como por exemplo, *Epichloë coenophiala*), visto que o fungo confere à festuca maior tolerância a estresses bióticos (FRANZLUEBBERS; SEMAN; STUDEMANN, 2013) e abióticos (BOUTON et al., 1993; MALINOWSKI; BELESKY, 2000).

Franzluebbers, Seman e Stuedemann (2013), trabalhando com o cultivo associado entre capim-bermuda e festuca (associada simbioticamente com *Neotyphodium coenophialum*), verificaram que manejos de corte pouco frequentes levaram os pastos a serem dominados pela festuca após dois anos de sua implantação. Esses mesmos autores sugeriram que esse tipo de manejo é uma medida intencional de modificar os componentes botânicos do pasto, uma vez que esses sistemas são transformados em monocultivos devido ao hábito de crescimento agressivo da festuca em condições de baixo distúrbio.

O lado negativo da associação simbiótica entre planta e fungo é a produção de alguns metabólitos por parte do endófito, tal como o alcaloide de ergot (ergovalina), que são responsáveis por uma perda anual estimada de 600 milhões de dólares decorrente da perda de peso de animais e redução das taxas de nascimento de bezerros (MORGAN; BENDING; WHITE, 2005). Nesse sentido, uma das alternativas para solucionar o problema de perdas em produção animal vinculado ao consumo de alcaloides presentes no tecido vegetal, seria a

utilização de cultivares de festuca livres de endófitos. Contudo, nesse cenário, em função da festuca se tornar mais vulnerável à condição de estresse, é imprescindível a adoção de alternativas e/ou estratégias que atenuem a competição interespecífica durante o período estival, e que favoreçam o crescimento e o desenvolvimento da gramínea de inverno durante o período hibernal, de modo a assegurar sua persistência ao longo dos anos.

Grime (1973) relatou que a competição interespecífica entre plantas se torna menos intensa sob condições de estresse intermediário (disponibilidade de luz e nutrientes). Também observou que plantas funcionalmente definidas como competidoras têm sua persistência comprometida em ambientes altamente sombreados. Portanto, o manejo dos pastos pode influenciar diretamente a persistência das espécies que os compõem, uma vez que define a intensidade competitiva entre plantas por regular a penetração de luz ao longo do perfil do dossel forrageiro.

Dentro desse contexto, o cultivo em associação entre o *Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov. e *Festuca arundinacea* Schreber cv. Rizomat em área geográfica onde o clima é definido como Cfb (temperatura média do ar inferior a 23 °C no mês mais quente do ano) (ALVAREZ et al., 2013) pode ser uma alternativa possível para superar tais limitações. O *Pennisetum clandestinum* (capim-quicuiu) é uma gramínea perene estival de hábito de crescimento prostrado (MEARS, 1970) e funcionalmente definida como espécie competidora (GRIME, 1977). Por sua vez, a festuca é uma gramínea perene hibernal e funcionalmente definida como estresse tolerante (GRIME, 1974).

A partir de históricos de experimentos realizados com o capim-quicuiu em um local onde o clima é definido como Cfb (SBRISIA et al., 2018) observou-se que durante o período hibernal o crescimento da gramínea estival é paralisado em função das baixas temperaturas ou até mesmo os tecidos verdes tornam-se inativos fotossinteticamente na ocorrência de geadas, uma vez que senescem. Visto que o capim-quicuiu perde importância em termos produtivos a partir de abril, seria interessante adotar estratégias que reduzissem a competição interespecífica e possivelmente estimulassem e/ou intensificassem o crescimento da festuca nesse período. Nesse sentido, a remoção da biomassa aérea por meio do rebaixamento dos pastos poderia ser uma alternativa interessante, uma vez que possibilitaria maior penetração de luz na base do dossel e possivelmente estimularia o perfilhamento das plantas de festuca (CASAL; DEREGIBUS; SÁNCHEZ, 1985; DAVIS, 1974; DEREGIBUS et al., 1983; MITCHEL, 1953).

Diante do exposto, este trabalho parte da hipótese i) de que o cultivo associado entre *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cv. Rizomat coexistirá ao longo dos anos; ii) os rebaixamentos pontuais de outono aumentarão a participação da festuca dentro do cultivo

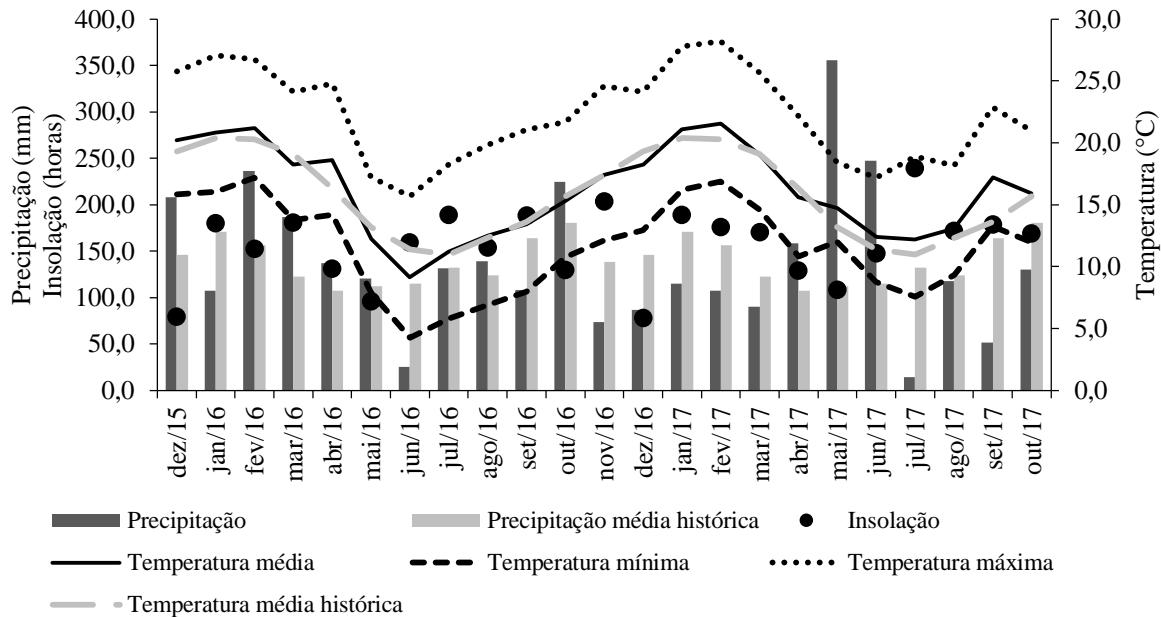
associado. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a demografia do perfilhamento e a estabilidade populacional de perfilhos em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cv. Rizomat cultivados em associação e submetidos a estratégias de pastejo ao longo de dois anos.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

5.3.1 Local, condições climáticas e implantação da área experimental

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC), Lages, SC, Brasil. O local apresenta coordenadas geográficas 27°48'58" de latitude sul, 50°19'34" longitude oeste e 900 m de altitude. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfb (clima temperado) com verão ameno, inverno frio e chuvas bem distribuídas ao longo do ano (ALVARES et al., 2013). Os dados climáticos correspondentes ao período experimental, juntamente com o número de geadas ocorridas são apresentados na Figura 1 e Tabela 1, respectivamente. O experimento foi implantado em um solo classificado como Cambissolo húmico alumínico léptico (EMBRAPA, 2006) que apresentou as seguintes características químicas na camada de 0-20 cm de profundidade: pH (SMP) = 5,7; MO = 4,2%; P=35,8 mg.dm⁻³; K=142 mg.dm⁻³; Ca = 2,2 cmol_c.dm⁻³; Mg = 1,5 cmol_c.dm⁻³; H + Al = 6,2 cmol_c.dm⁻³; capacidade de troca de cátions em pH 7,0 = 20,5 cmol_c.dm⁻³; saturação por bases = 39,9% e argila = 53%. Com base nesses resultados foram realizadas adubações de manutenção com superfostato simples e cloreto de potássio segundo as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS – RS/SC, 2004) para gramíneas perenes de inverno.

Figura 1- Precipitação, insolação e temperaturas (máximas, médias e mínimas) durante o período experimental e valores médios dos últimos 68 anos em Lages, Santa Catarina, Brasil. Fonte: Centro de informações de recursos ambientais e de hidrometeorologia de Santa Catarina – EPAGRI-CIRAM.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Tabela 1 - Ocorrência de geadas durante o período experimental, Lages, Santa Catarina, Brasil.

Mês	Ano	Número de geadas
Abril		2
Maio	2016	4
Junho		5
Julho		2
Abril	2017	1
Junho		3
Julho		4

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018

A área experimental com área de 2100 m² foi implantada em julho de 2014 a partir da sobressemeadura de *Festuca arundinacea* cv. Rizomat (festuca) em pastos de *Pennisetum clandestinum* (capim-quicuiu) já estabelecidos desde a década de 90. Primeiramente, os pastos de capim-quicuiu foram roçados mecanicamente à 10 cm de altura e em seguida foi realizada a sobressemeadura da festuca utilizando densidade de semeadura de 50 kg.ha⁻¹ de sementes puras viáveis a uma profundidade aproximada de 4 cm. Quarenta dias após à semeadura, os pastos foram adubados com 90 kg.ha⁻¹ de nitrogênio na forma de ureia. Após implantação da festuca, a população de ambas as espécies foi monitorada regularmente e, em abril de 2015, observou-

se que a população de festuca compunha menos que 10% da população total do cultivo associado (festuca mais quicuiu). Por essa razão, em maio desse mesmo ano a festuca foi novamente sobressemeada em linhas transversais às linhas do primeiro plantio utilizando a mesma densidade e profundidade de semeadura utilizadas anteriormente. Da mesma forma, em torno de 40 dias após a ressemeadura, os pastos foram adubados com 90 kg de N.ha⁻¹ e 167 kg de P₂O₅.ha⁻¹.

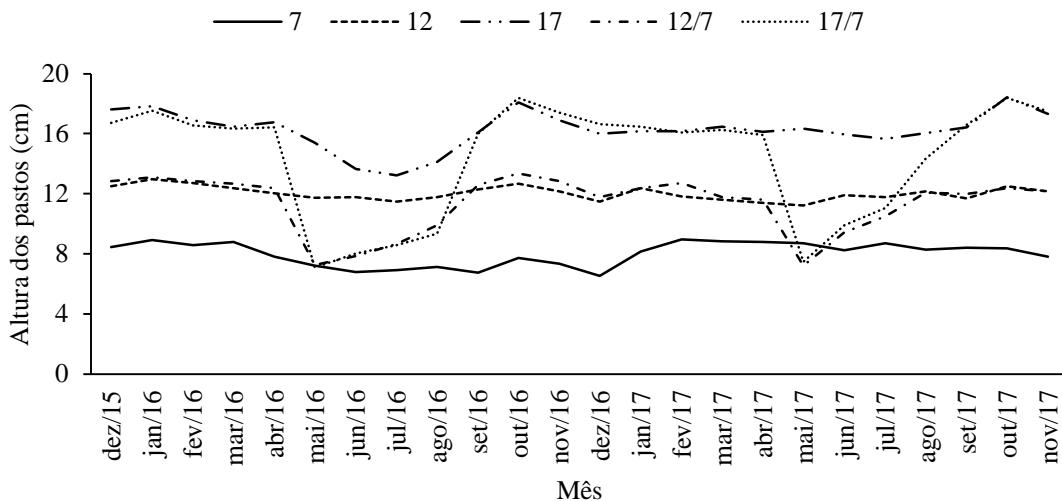
5.3.2 Tratamentos, delineamento experimental e manejos

Os tratamentos consistiram de cinco condições de manejo representado por metas de altura dos pastos (7; 12; 17; 12/7 e 17/7 cm), sendo que em três delas os pastos foram ininterruptamente mantidos a 7, 12 e 17 cm ao longo de todo o período experimental. Os demais tratamentos, 12/7 e 17/7 cm, referem-se a combinações de alturas de manejo com rebaixamentos pontuais para as alturas de 7 cm no outono. Assim, os pastos foram mantidos em alturas de doze e dezessete centímetros a partir do início do experimento até o outono do primeiro ano de avaliação, quando, exclusivamente no mês de maio, foram rebaixados a 7 centímetros de altura. Após rebaixamento, permitiu-se que os mesmos retornassem às suas alturas originais, as quais foram mantidas até o outono do segundo ano de avaliação, quando novamente realizou-se o mesmo procedimento.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com três repetições. O período de coleta de dados foi de dezembro de 2015 a outubro de 2017. No entanto, os pastos já vinham sendo manejados em suas respectivas condições de tratamento desde setembro de 2015, definindo, assim, um período de adaptação pré-experimental de três meses. Além disso, é importante ressaltar que os tratamentos 12/7 e 17/7 cm passaram a existir, de fato, somente após o primeiro rebaixamento de outono realizado no mês de maio de 2016, pois até aquele momento eram apenas réplicas estruturais dos pastos mantidos em 12 e 17 cm, respectivamente.

A altura dos pastos de cada tratamento foi determinada por meio da média calculada a partir de 30 leituras de altura medidas com régua em pontos aleatoriamente escolhidos dentro de cada unidade experimental com área de 140 m². A altura dos pastos foi medida semanalmente e durante todo o período experimental, e sua manutenção foi realizada por meio do pastejo de bovinos leiteiros pertencentes ao plantel do CAV-UDESC. As médias das alturas de cada tratamento foram agrupadas mensalmente (Figura 2).

Figura 2 - Alturas reais em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação em diferentes meses do ano durante os anos de 2016 e 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O método de lotação utilizado simulava o de lotação contínua, uma vez que as unidades experimentais com áreas de 140 m² não suportavam a presença contínua dos animais. Nesse sentido, os animais foram adicionados às unidades experimentais antes que as alturas dos pastos estivessem 10% acima e retirados antes que os valores estivessem 10% abaixo de suas metas de tratamento, com exceção dos pastos rebaixados no outono, onde os animais removeram maiores quantidades de tecido vegetal naquela época do ano. Mais precisamente, a frequência com que os animais foram usados para a manutenção das alturas dos pastos variou entre quatro e sete dias, dependendo do período do ano (condições climáticas). O tempo de pastejo em cada evento foi em média de três horas, com exceção dos pastos rebaixados no outono, onde os animais deveriam permanecer nos respectivos piquetes até que os pastos fossem rebaixados para 7 cm de altura. No entanto, houve a necessidade de se retirar os animais dos piquetes quando as alturas dos pastos estavam em torno de 8,5 e 9,5 cm, respectivamente, para os tratamentos 12/7 e 17/7 cm, uma vez que não mais se observou reduções significativas nos valores de alturas. Além disso, começou a ocorrer o arranquio demasiado de perfilhos. Adicionalmente, para fins de protocolo experimental o ajuste fino das alturas dos pastos pós-pastejo em 7 cm foi realizado mecanicamente por meio da utilização de roçadeira costal.

Todo o manejo de adubação nitrogenada foi executado de forma a favorecer o crescimento e desenvolvimento da gramínea hibernal. Nesse sentido, a adubação foi exclusivamente concentrada no período mais frio do ano quando os pastos receberam 250 kg

de N.ha⁻¹.ano⁻¹ parcelados em quatro aplicações, duas de 70 kg.ha⁻¹ e duas de 55 kg.ha⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2 - Adubação nitrogenada realizada em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação durante os anos de 2016 e 2017.

Data	Doses de nitrogênio (kg de N.ha ⁻¹)
05/05/2016	70
13/07/2016	55
16/08/2016	55
22/09/2016	70
14/05/2017	70
03/07/2017	55
02/08/2017	55
15/09/2017	70

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

5.3.3 Variáveis medidas e calculadas

As avaliações de todas as variáveis foram realizadas mensalmente, durante todo o período experimental. A densidade populacional de perfilhos (DPP) dos pastos foi obtida a partir de amostras coletadas para as estimativas de massa de forragem. Mais especificamente, foram alocados dois quadros de 0,24 m² de área em cada unidade experimental e toda a massa de forragem contida no interior da moldura foi cortada rente ao solo, acondicionada em sacos plásticos. As amostras foram separadas manualmente em seus componentes botânicos e, em seguida, realizada a contagem do número de perfilhos de capim-quicuiu e festuca presentes na amostra. A partir das DPPs de capim-quicuiu e festuca calculou-se a DPP total dos pastos e também a proporção de cada espécie na população total de perfilhos por tratamento.

A dinâmica populacional de perfilhos foi avaliada em dois anéis de PVC de 20 cm de diâmetro (área de 0,0314 m²) alocados em pontos representativos da condição dos pastos em cada unidade experimental. Na primeira avaliação, realizada no dia 10 de dezembro de 2015, todos os perfilhos vivos de capim-quicuiu e festuca foram marcados com anéis plásticos de cores distintas. Na avaliação seguinte, os novos perfilhos surgidos durante o período de tempo transcorrido entre a avaliações atual e anterior de ambas as espécies foram marcados com anéis plásticos de cores diferentes daquelas utilizadas na marcação anterior. Além disso, a partir da primeira avaliação também foi contabilizado o número de perfilhos sobreviventes das gerações marcadas anteriormente. Perfilhos totalmente senescidos ou que não apresentavam nenhuma

folha viva foram classificados como mortos. Perfilhos perdidos por arranquio decorrente do pastejo animal ou por outra natureza também foram classificados como mortos. Nesse sentido, durante todo o período experimental foram realizadas um total de 24 avaliações de gerações de perfilhos (Tabela 3).

Tabela 3 - Datas de avaliação da dinâmica do perfilhamento (geração de perfilhos a-x) ao longo do período experimental.

Geração de perfilhos	Data de avaliação	Estação do ano
a	10/12/15	
b	11/01/16	Verão
c	11/02/16	
d	10/03/16	
e	04/04/16	
f	24/05/16	Outono
g	20/06/16	
h	18/07/16	
i	24/08/16	Inverno
j	21/09/16	
k	20/10/16	
l	16/11/16	Primavera
m	13/12/16	
n	12/01/17	
o	09/02/17	Verão
p	17/03/17	
q	10/04/17	
r	15/05/17	Outono
s	05/06/17	
t	07/07/17	
u	01/08/17	Inverno
v	01/09/17	
w	04/10/17	
x	26/10/17	primavera

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Foram calculadas as taxas de aparecimento (Tap) e sobrevivência (Tsp) de perfilhos das populações de capim-quicuiu e festuca e do cultivo associado entre as duas espécies. O cálculo da Tap de perfilhos de cada espécie foi obtida por meio da razão entre o número de perfilhos surgidos da espécie na avaliação atual e a sua população total existente na avaliação anterior (somatório dos perfilhos vivos das gerações anteriores). Por sua vez, a taxa de sobrevivência de perfilhos (Tsp) foi calculada por meio do quociente entre a população de perfilhos vivos da espécie contabilizada na avaliação atual (somatório de todos os perfilhos vivos, com exceção dos novos perfilhos surgidos) e a sua população total existente na leitura anterior (somatório de

todos perfilhos vivos marcados em gerações anteriores). O procedimento matemático para o cultivo associado foi similar àquele descrito para cada espécie, contudo, as taxas de aparecimento e sobrevivência de perfilhos foram derivadas a partir da população total dos pastos, isto é, foi considerada as populações de capim-quicuiu e festuca como sendo única.

Com base nas taxas de aparecimento e sobrevivência de perfilhos do cultivo associado entre *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* foi calculado o índice de estabilidade populacional de perfilhos (IEP) dos pastos. O IEP proporciona uma visão geral da população entre duas avaliações consecutivas, onde valores iguais a 1 indicam estabilidade da população, valores menores que 1 indicam instabilidades por meio da redução populacional e valores superiores a 1 indicam instabilidades por meio do incremento populacional. O IEP foi calculado segundo equação abaixo (adaptado de MATTHEW; SACKVILLE-HAMILTON, 2011):

$$P_{t1} / P_{t0} = Tap + Tsp$$

Onde: P_{t1} / P_{t0} representa a proporção entre a população de perfilhos existentes na contagem atual e a população existente na contagem anterior e Tap e Tsp indicam as taxas médias de aparecimento e sobrevivência de perfilhos, respectivamente, de todas as gerações. Segundo essa equação, por exemplo, se uma pastagem com 4000 perfilhos/m² apresentar um incremento de 400 perfilhos, ou seja, 10%, entre duas avaliações consecutivas, então o valor de P_{t1} / P_{t0} para esse período será igual a 1,1.

5.3.4 Análise estatística

Os dados foram agrupados em função do padrão de resposta dos pastos às variações climáticas que ocorreram ao longo do ano. Nesse sentido, os dados foram agrupados em quatro épocas distintas: verão (representado pelos meses de janeiro, fevereiro e março), outono (abril e maio), inverno (junho, julho, agosto e setembro) e primavera (outubro, novembro e dezembro). Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância utilizando o procedimento MIXED (modelos mistos) do pacote estatístico SAS® (*Statistical Analysis sistem*), versão 9.2. Para a escolha da matriz de covariância que melhor se ajustasse aos conjuntos de dados foi utilizado o Critério de informação de Akaike (AIC) (WOLFINGER, 1993). Foram utilizados no modelo os efeitos de ano, tratamento, época do ano e a interação tratamento*época do ano, considerando as épocas do ano como medidas repetidas no tempo. Para a variável que não houve efeito de ano, os dados correspondentes às mesmas épocas foram agrupados e considerados como um único período como, por exemplo, dados coletados no verão de 2016 e verão de 2017 foram agrupados e avaliados simplesmente como verão. As

médias de cada variável foram estimadas pelo LSMEANS e comparadas pelo teste de Tukey com probabilidade de 5%.

5.4 RESULTADOS

Por meio de avaliações realizadas nos tecidos vegetais (folha e colmo) seguindo o procedimento metodológico descrito por Saha, Jackson e Johnson-Cicalese (1988) verificou-se que a festuca cv. Rizomat utilizada no experimento estava livre da presença de fungos endofíticos.

5.4.1 Densidade populacional de perfilhos e proporção de perfilhos de cada espécie associada

A densidade populacional de perfilhos (DPP) variou em função do ano ($P<0,0001$) (Tabela 4). No ano de 2016 houve efeito de interação entre tratamento e época do ano ($P<0,0001$), onde as maiores DPPs foram registradas em pastos mantidos em 7 cm de altura, com exceção da época de inverno, onde a DPP foi similar entre todas as condições de manejo. Durante a primavera a DPP em pastos manejados em 12/7 cm foi similar aos pastos mantidos em 7 cm de altura. Além disso, os maiores valores de DPP foram registrados durante a época de verão, independentemente da condição de manejo. No ano de 2017, também houve efeito de interação entre tratamento e época do ano ($P<0,0001$), onde durante as épocas de verão e outono as maiores DPPs foram observadas em pastos mantidos em 7 cm de altura. Contudo, nas épocas de inverno e de primavera as DPPs foram praticamente similares entre todas as condições de manejo, com exceção dos pastos mantidos em 17 cm, os quais durante o inverno, apresentaram 34% menos perfilhos comparativamente aos pastos mantidos em 7 cm (Tabela 4).

Tabela 4 - Densidade populacional de perfilhos em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

Época	2016					Média	EP		
	Tratamento (cm)								
	7	12	17	12/7	17/7				
Perfilhos.m ⁻²									
Verão	8976 Aa	6115 Abc	4364 Ad	6459 Ab	5003 Acd	6183	117		
Outono	6206 Ba	4735 Ab	3577 ABb	4779 Bb	4206 ABb	4701	117		
Inverno	2713 Ca	3152 Ba	2624 Ba	3670 Ba	2764 Ca	2985	117		
Primavera	5233 Ba	3157 Bb	2612 Bb	3925 Bab	3388 BCb	3663	117		
Média	5782	4290	3294	4708	3840				
EP	131	131	131	131	131				
2017									
Época	Tratamento (cm)					Média	EP		
	7	12	17	12/7	17/7				
	Perfilhos.m ⁻²								
Verão	8475 Aa	2972 Abc	2271 Ac	3586 ABb	2583 Abc	3977	101		
Outono	5746 Ba	3299 Abc	2129 Ac	3948 ABb	2342 Ac	3493	101		
Inverno	3744 Ca	2911 Aab	2463 Ab	2927 Bab	2577 Aab	2924	101		
Primavera	4055 Ca	3728 Aa	3298 Aa	4346 Aa	3416 Aa	3769	101		
Média	5505	3227	2540	3702	2730				
EP	113	113	113	113	113				

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ($P<0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Embora não tenha sido realizada a análise estatística para a proporção de perfilhos de festuca e capim-quicuiu que compunham os pastos, pôde-se observar que no ano de 2016, durante os meses de verão e outono, os pastos foram constituídos por mais de 84 % de capim-quicuiu independente da condição de manejo (Tabela 5). Contudo, nos períodos seguintes a festuca passou a compor os pastos com proporções acima de 87 e 81% nas estações de inverno e primavera, respectivamente, com exceção dos pastos mantidos mais baixos onde a sua participação foi relativamente menor. Em 2017 durante a estação de verão, a festuca passou a ter maior participação na composição dos pastos comparativamente ao mesmo período do ano anterior, com exceção dos pastos mantidos a 7 cm, onde a proporção de cada espécie foi similar àquela de 2016. Além disso, ao final do período experimental, o capim-quicuiu compunha menos de 6% da população total nos pastos manejados em 12, 12/7, 17 e 17/7 cm (Tabela 5).

Tabela 5 - Porcentagem de perfilhos de festuca (F) e de capim-quicuiu (Q) em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

Época	2016											
	Tratamento (cm)											
	7		12		17		12/7		17/7			
												%
Verão	3	97	12	88	10	90	15	85	14	86		
Outono	3	97	15	85	14	86	9	91	11	89		
Inverno	76	24	95	5	96	4	91	9	88	12		
Primavera	36	64	82	18	90	10	82	18	82	18		
2017												
Época	Tratamento (cm)											
	7		12		17		12/7		17/7			
												%
Verão	5	95	61	39	63	37	44	56	58	42		
Outono	8	92	32	68	31	70	27	73	39	62		
Inverno	43	57	76	24	93	7	84	16	86	14		
Primavera	78	22	95	5	99	1	95	5	98	2		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

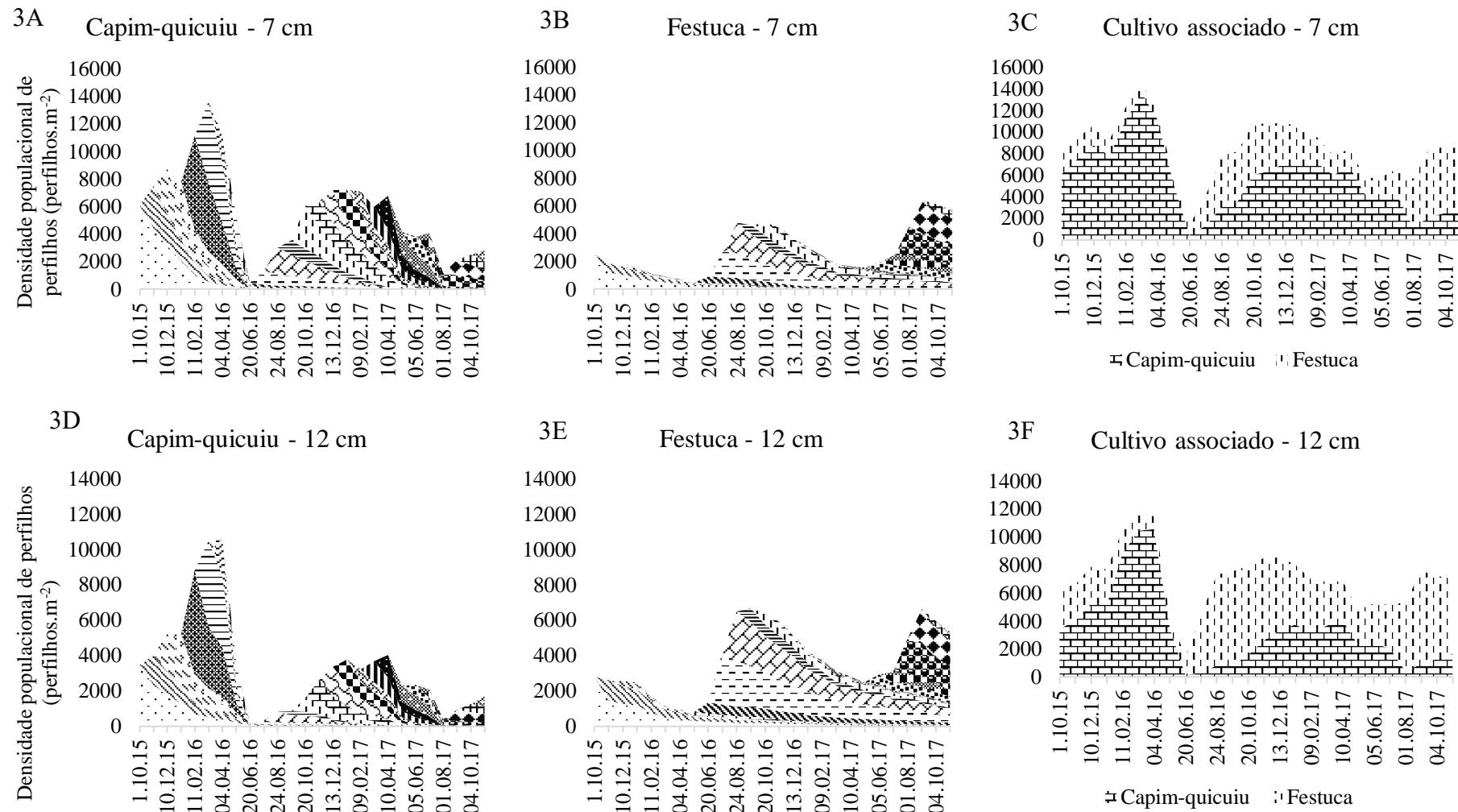
5.4.2 Demografia do perfilhamento

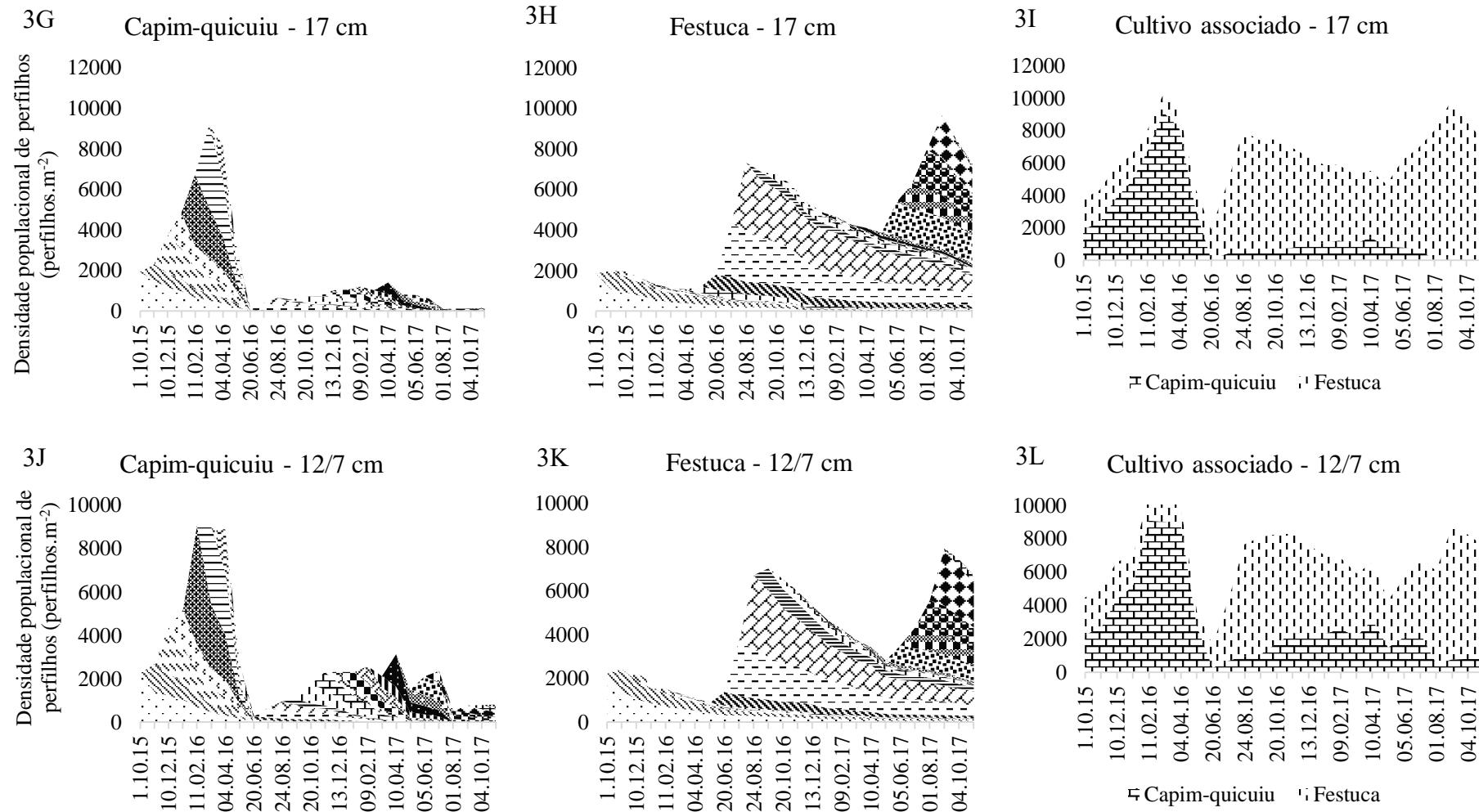
Para ter uma visão ampla da dinâmica populacional de perfilhos de capim-quicuiu e de festuca, foram gerados gráficos demográficos que ilustram a variação temporal mensal da densidade populacional de perfilhos (DPP) durante o período experimental de cada espécie dentro de cada tratamento. Posteriormente, as populações de capim-quicuiu e festuca foram combinadas e a partir dessa integração foram gerados novos gráficos que ilustram a população total dos pastos (cultivo associado) como sendo o somatório das populações das espécies (Figuras 3C, 3F, 3I, 3L e 3O). De forma geral, a população de capim-quicuiu que compunha o cultivo associado diminuiu do início para o fim do período experimental. Além disso, a redução populacional do capim-quicuiu foi intensificada a medida em que se aumentou a altura de manejo dos pastos (Figuras 3A, 3D, 3G, 3J e 3M), sendo que, a população atingiu valores próximos à zero nos tratamentos 17 e 17/7 cm (Figuras 3G e 3M).

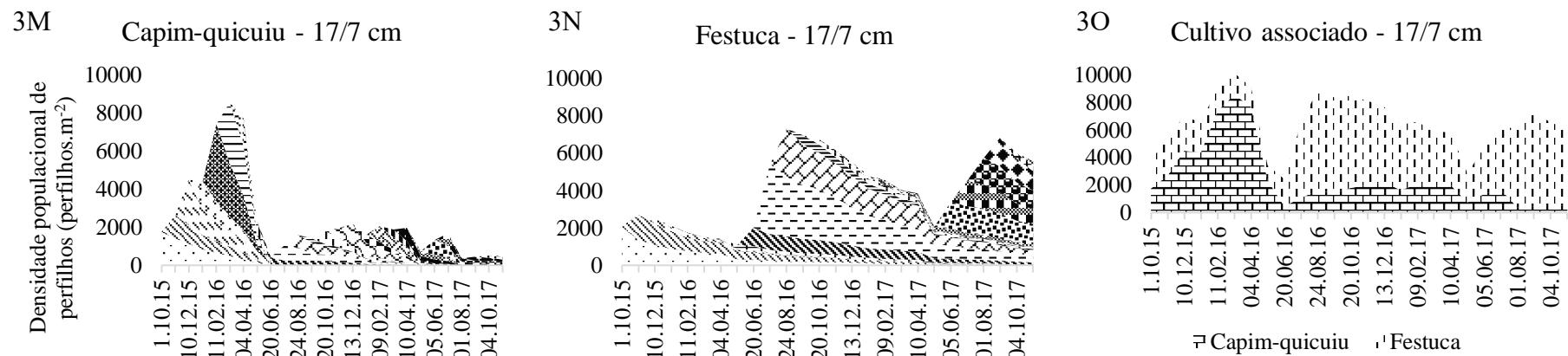
Por sua vez, a festuca apresentou comportamento inverso àquele observado para o capim-quicuiu, onde a sua população aumentou do início para o fim do período experimental, independentemente da condição de tratamento (Figuras 3B, 3E, 3H, 3K e 3N). Além disso, a população de festuca se sobreponha ao capim-quicuiu à medida que se aumentou a altura de

manejo dos pastos (Figuras 3C, 3F, 3I, 3L e 3O). Foi observado também que os pastos manejados em 12 e 12/7 cm (Figuras 3F e 3L) e também os pastos manejados em 17 e 17/7 cm (3I e 3O) apresentaram comportamentos similares entre si.

Figura 3 - Demografia do perfilhamento em populações de *Pennisetum clandestinum* (capim-quicuiu) e *Festuca arundinacea* (festuca) cultivados em associação submetidos a alturas de manejo durante os anos de 2016 e 2017.







5.4.3 Taxas de aparecimento e sobrevivência de perfilhos e número absoluto de perfilhos surgidos de cada espécie

Para a taxa de aparecimento de perfilhos de festuca (TapF) houve efeito de ano ($P<0,0001$). Em 2016, a TapF variou em função da época do ano ($P<0,0001$), onde o valor observado durante o inverno foi 18,5 vezes maior comparativamente as demais épocas avaliadas (Tabela 6). Em 2017, houve efeito de tratamento ($P=0,0243$) e época do ano ($P<0,0001$), onde a TapF em pastos mantidos em 7 cm foi 1,8 vez maior do que aquela contabilizada em pastos mantidos em 17 cm. Os demais tratamentos não difeririam significativamente entre si e entre os tratamentos de 7 e 17 cm. Similarmente ao ocorrido em 2016, em 2017, a maior Tapf também foi registrada durante o inverno, sendo o valor 16,1 vezes maior comparativamente às demais épocas do ano (Tabela 6).

Tabela 6 - Taxa de aparecimento de perfilhos de festuca em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

Época	2016					
	Tratamento (cm)					
	7	12	17	12/7	17/7	Média
Perfilhos.perfilhos ⁻¹						
Verão	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02 B 0,06
Outono	0,03	0,19	0,17	0,04	0,08	0,10 B 0,06
Inverno	1,73	1,16	0,76	0,99	0,90	1,11 A 0,06
Primavera	0,14	0,05	0,03	0,04	0,03	0,06 B 0,06
Média	0,48 a	0,36 a	0,25 a	0,27 a	0,26 a	
EP	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	
2017						
Época	Tratamento (cm)					
	7	12	17	12/7	17/7	Média
	Perfilhos.perfilhos ⁻¹					
Verão	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01 B 0,01
Outono	0,05	0,01	0,04	0,02	0,04	0,03 B 0,01
Inverno	0,57	0,46	0,31	0,38	0,45	0,43 A 0,01
Primavera	0,05	0,06	0,01	0,03	0,05	0,04 B 0,01
Média	0,17 a	0,14 ab	0,09 b	0,11 ab	0,14 ab	
EP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ($P<0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Para a taxa de aparecimento de perfilhos de capim-quicuiu (TapQ), houve efeito de ano ($P<0,0001$). Em 2016, a TapQ foi influenciada pela época do ano ($P<0,0001$), onde o valor observado no inverno foi em média 1,5 e 5,9 vezes maior comparativamente àqueles registrados durante a primavera e verão e outono, respectivamente (Tabela 7). Em 2017, também houve efeito de época do ano ($P=0,0007$), onde a TapQ observada durante o inverno foi em média 1,5

vez maior do que aquelas registradas no verão e primavera. A época de outono não diferiu significativamente das demais épocas avaliadas (Tabela 7).

Tabela 7 - Taxa de aparecimento de perfilhos de capim-quicuiu em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

Época	2016						Média	EP		
	Tratamento (cm)					Perfilhos.perfilhos ⁻¹				
	7	12	17	12/7	17/7					
Verão	0,56	0,62	0,59	0,65	0,57	0,60 B	0,05			
Outono	0,17	0,15	0,15	0,16	0,13	0,15 C	0,05			
Inverno	1,15	0,91	1,08	0,70	0,61	0,89 A	0,05			
Primavera	0,52	0,77	0,46	0,55	0,38	0,54 B	0,05			
Média	0,60 a	0,62 a	0,57 a	0,51 a	0,42 a					
EP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05					
2017										
Época	Tratamento (cm)						Média	EP		
	7	12	17	12/7	17/7	Perfilhos.perfilhos ⁻¹				
Verão	0,24	0,33	0,28	0,37	0,29	0,30 B	0,03			
Outono	0,33	0,27	0,39	0,52	0,32	0,37 AB	0,03			
Inverno	0,42	0,56	0,39	0,40	0,48	0,45 A	0,03			
Primavera	0,34	0,40	0,35	0,17	0,16	0,28 B	0,03			
Média	0,33 a	0,39 a	0,35 a	0,36 a	0,32 a					
EP	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03					

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ($P<0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A taxa de sobrevivência de perfilhos de festuca (TspF) variou em função do ano ($P<0,0001$). Em 2016, a TspF variou em função do tratamento ($P=0,0006$) e época do ano ($P<0,0001$), onde o valor observado em pastos mantidos em 17 cm foi 1,1 vez maior do que aquele registrado em pastos manejados em 7 cm (Tabela 8). Pastos manejados em 12/7 e 17/7 cm não diferiram significativamente dos tratamentos 17 e 12 cm. Em relação à época do ano, as TspF observadas no inverno e primavera foram, em média, 1,1 vez maior do que aquelas registradas durante o verão e outono (Tabela 8).

Em 2017, houve efeito de interação entre tratamento e época do ano ($P<0,0001$), onde a TspF registrada em pastos mantidos em 17 cm foi em média 1,2 vez maior do que aquela observada em pastos mantidos em 7 e 12 cm. Além disso, a TspF registrada em pastos manejados em 17/7 cm durante o outono foi em média 1,2 vez menor comparativamente às observadas em pastos manejados em 7, 12 e 17 cm (Tabela 8).

Tabela 8 - Taxa de sobrevivência de perfilhos de festuca em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

Época	2016					Média	EP		
	Tratamento (cm)								
	7	12	17	12/7	17/7				
Perfilhos.perfilhos ⁻¹									
Verão	0,74	0,69	0,80	0,81	0,83	0,77 B	0,01		
Outono	0,64	0,77	0,85	0,77	0,75	0,76 B	0,01		
Inverno	0,88	0,89	0,90	0,90	0,88	0,89 A	0,01		
Primavera	0,84	0,86	0,89	0,87	0,90	0,87 A	0,01		
Média	0,77 c	0,80 bc	0,86 a	0,84 ab	0,84 ab				
EP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01				
2017									
Época	Tratamento (cm)					Média	EP		
	7	12	17	12/7	17/7				
	Perfilhos.perfilhos ⁻¹								
Verão	0,77 Bb	0,78 Bb	0,91 Aa	0,88 Aab	0,88 Aab	0,84	0,01		
Outono	0,89 Aa	0,86 ABa	0,91 Aa	0,83 Aab	0,72 Bb	0,85	0,01		
Inverno	0,91 Aa	0,91 Aa	0,95 Aa	0,95 Aa	0,93 Aa	0,93	0,01		
Primavera	0,89 Aa	0,86 ABa	0,85 Aa	0,89 Aa	0,86 Aa	0,87	0,01		
Média	0,87	0,86	0,90	0,89	0,85				
EP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01				

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ($P<0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A taxa de sobrevivência de perfilhos de capim-quicuiu (TspQ) variou em função do ano ($P=0,0101$). Em 2016, a TspQ variou em função da época do ano ($P<0,0001$), onde o valor observado na primavera foi em média 37% maior comparativamente àqueles registrados durante o outono e inverno (Tabela 9). Em 2017, houve efeito de interação entre tratamento e época do ano ($P=0,0063$), onde, de uma forma geral, os menores valores das TspQ foram registrados durante as épocas de outono e inverno, independente da condição de tratamento. Além disso, a TspQ foi similar entre as condições de manejo dentro das épocas do ano, com exceção do inverno, no qual a TspQ em pastos mantidos em 17 cm de altura foi aproximadamente 32% menor comparativamente ao manejo 12/7 cm. As demais condições de manejo não diferiram significativamente entre si e entre os tratamentos 17 e 12/7 cm (Tabela 9).

Tabela 9 - Taxa de sobrevivência de perfilhos de capim-quicuiu em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

Época	2016					Média	EP		
	Tratamento (cm)								
	7	12	17	12/7	17/7				
Perfilhos.perfilhos ⁻¹									
Verão	0,65	0,65	0,75	0,70	0,72	0,69 B	0,02		
Outono	0,49	0,54	0,51	0,49	0,47	0,50 C	0,02		
Inverno	0,61	0,49	0,44	0,56	0,55	0,53 C	0,02		
Primavera	0,78	0,86	0,84	0,81	0,81	0,82 A	0,02		
Média	0,63 a	0,63 a	0,64 a	0,64 a	0,64 a				
EP	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02				
2017									
Época	Tratamento (cm)					Média	EP		
	7	12	17	12/7	17/7				
	Perfilhos.perfilhos ⁻¹								
Verão	0,72 ABa	0,79 Aa	0,74 ABa	0,71 ABa	0,68 ABa	0,73	0,01		
Outono	0,56 Ba	0,58 Ba	0,61 BCa	0,54 Ba	0,47 Ca	0,55	0,01		
Inverno	0,58 Bab	0,56 Bab	0,45 Cb	0,66 ABa	0,61 BCab	0,57	0,01		
Primavera	0,81 Aa	0,85 Aa	0,81 Aa	0,81 Aa	0,82 Aa	0,82	0,01		
Média	0,67	0,69	0,65	0,68	0,65				
EP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01				

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ($P<0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Uma vez que não houve efeito de ano para o número de perfilhos surgidos de festuca (NPsurF) entre os anos de 2016 e 2017 ($P=0,0654$), os dados contidos dentro da mesma época foram agrupados em um único período. O NPsurF variou em função da época do ano ($P<0,0001$), onde o valor observado no inverno foi 6,1 e 32,8 vezes maior do que aqueles registrados na primavera e verão, respectivamente. O NPsurF observado no outono não diferiu significativamente das épocas de verão e primavera (Tabela 10).

Tabela 10 - Número absoluto de perfilhos de festuca surgidos em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

Época	2016-2017					Média	EP		
	Tratamento (cm)								
	7	12	17	12/7	17/7				
Perfilhos.m ⁻²									
Verão	31	51	59	45	60	49 C	48		
Outono	56	65	171	57	113	92 BC	48		
Inverno	1383	1533	1780	1671	1694	1610 A	48		
Primavera	406	288	160	233	264	264 B	48		
Média	469 a	484 a	540 a	501 a	525 a				
EP	53	53	53	53	53				

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ($P<0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O número de perfilhos surgidos de capim-quicuiu (NPsurQ) variou em função do ano ($P<0,0001$). Em 2016 houve efeito de tratamento ($P<0,0001$) e época do ano ($P<0,0001$), onde o NPsurQ registrados nos pastos manejados em 7 cm de altura foi em média 31 e 56% maior do que nos pastos manejados em 12 e 17 e 17/7 cm, respectivamente. O tratamento 12/7 cm não diferiu significativamente dos pastos manejados em 12, 17 e 17/7 cm. Em relação à época do ano, o número de perfilhos surgidos no verão foi em média 2,8 e 7,6 vezes maior, comparativamente às épocas de outono e primavera e inverno (Tabela 11). No ano de 2017, o NPsurQ variou em função do tratamento ($P<0,0001$) e época do ano ($P<0,0001$), onde o número de perfilhos surgidos nos pastos manejados mais baixos (7 cm) foi em média 43 e 84% maior comparativamente aos pastos manejados em 12 e 17 cm. Pastos manejados em 12/7 e 17/7 cm não diferiram significativamente entre si e entre os tratamentos de 12 e 17 cm. Em relação à época do ano, o NPsurQ registrados no outono foi em média 2,4 vezes maior comparativamente às épocas de inverno e primavera. O NPsurQ no verão não diferiu significativamente do outono e do inverno (Tabela 11).

Tabela 11 - Número absoluto de perfilhos de capim-quicuiu surgidos em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

Época	2016					
	Tratamento (cm)					
	7	12	17	12/7	17/7	Média
Perfilhos.m ⁻²						
Verão	4920	4089	3095	3600	2128	3566 A
Outono	2034	1634	1204	1340	1048	1452 B
Inverno	1041	269	213	325	511	472 C
Primavera	2375	1192	244	741	660	1042 B
Média	2593 a	1796 b	1189 c	1501 bc	1086 c	
EP	132	132	132	132	132	
Época	2017					
	Tratamento (cm)					
	7	12	17	12/7	17/7	Média
Perfilhos.m ⁻²						
Verão	1682	1021	294	670	554	848 AB
Outono	2061	1058	424	1034	486	1013 A
Inverno	1074	558	127	493	435	538 BC
Primavera	788	546	48	122	88	318 C
Média	1401 a	796 b	223 c	585 bc	390 bc	
EP	104	104	104	104	104	

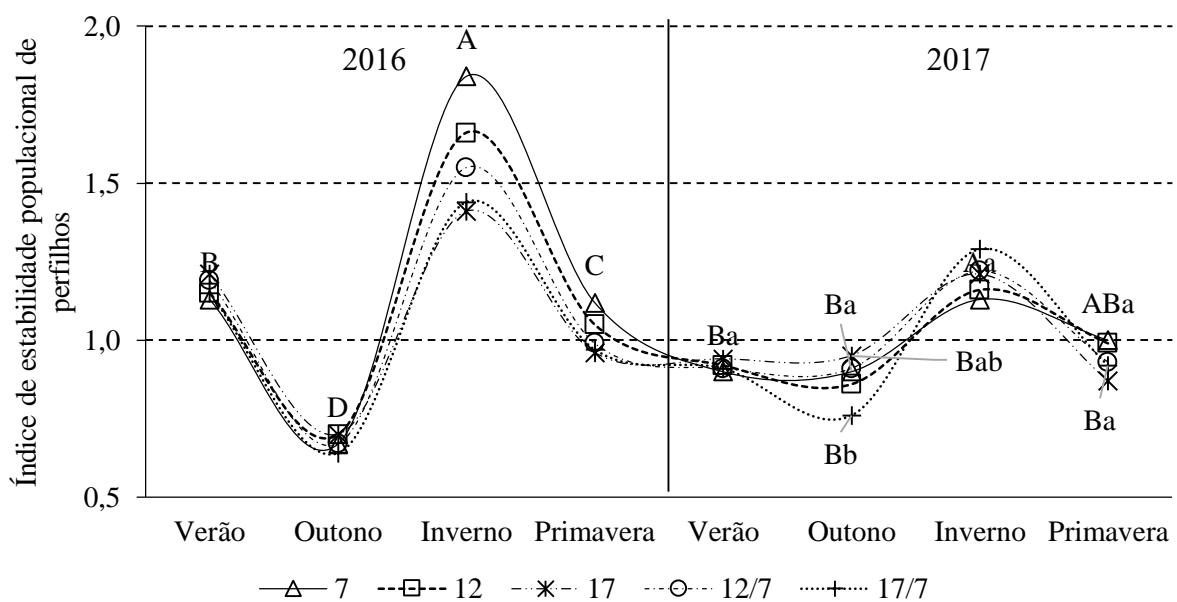
Valores seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ($P<0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

5.4.4 Estabilidade populacional de perfilhos do cultivo associado

O índice de estabilidade populacional de perfilhos (IEP) em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação variou em função do ano ($P<0,0001$). Em 2016, observou-se efeito de época do ano ($P<0,0001$), onde durante o inverno o IEP foi 0,5, 1,5, e 2,3 vezes maior quando comparado às épocas de verão, primavera e outono, respectivamente (Figura 4). Em 2017, houve efeito de interação entre tratamento e época do ano ($P=0,0004$), onde o IEP foi similar entre as condições de manejo, com exceção da época de outono, onde o pasto mantido em 17 cm apresentaram um valor 20% acima daqueles manejados em 17/7 cm. Além disso, a época de inverno foi o único período do ano onde todas as condições de manejos estavam simultaneamente estáveis (valores de IEP acima de 1) (Figura 4).

Figura 4 - Índice de estabilidade populacional de perfilhos em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.



Letras maiúsculas comparam estações dentro do ano e minúsculas comparam tratamentos dentro de mesma estação. Letras iguais maiúsculas e iguais minúsculas não diferem entre si ($P<0,005$).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

5.5 DISCUSSÃO

As alturas dos pastos permaneceram próximas das metas de manejo pretendidas durante todo o período experimental e, ao final do segundo ano de avaliação, não só foi possível confirmar a hipótese de que a festuca pode coexistir com o capim-quicuiu dentro das condições de manejo propostas como também esta passou a ser a espécie dominante em manejos mais

lenientes (Tabela 5). Contudo, diferentemente do que foi hipotetizado originalmente, os rebaixamentos outonais não anteciparam o período de rebrotação da festuca, assim como não promoveram incrementos em sua população, visto que as proporções populacionais das espécies (Tabela 5) conjuntamente com a população total dos pastos (Tabela 4) foram similares entre pastos rebaixados e não rebaixados (tratamento 12/7 foi similar ao 12, da mesma forma que o tratamento 17/7 foi similar ao 17 cm). De fato, como relatado em outros trabalhos (DUCHINI, 2017; SCHENEITER; AMÉNDOLA, 2012), a festuca apresenta um padrão de perfilhamento hibernal e, mesmo com a maior penetração de luz na base do dossel (CASAL; DERIGIBUS; SÁNCHEZ, 1985; DEREGIBUS et al., 1983; TOYOTA et al., 2014) por meio da remoção da biomassa área pelo processo do rebaixamento dos pastos realizado em maio, não houve alterações de tal padrão de resposta.

Por meio dos gráficos demográficos do perfilhamento pode-se ter uma visão geral do efeito sazonal e do manejo sobre o aparecimento e a longevidade das gerações de perfilhos de capim-quicuiu e festuca ao longo dos anos. Nesse sentido, pode-se observar na festuca um padrão de perfilhamento hibernal, independente da condição de manejo (Figuras 3B, 3E, 3H, 3K e 3N), onde as gerações surgidas em julho e agosto foram fundamentais para os incrementos populacionais, além de assegurar a persistência até o inverno seguinte, uma vez que essas gerações foram responsáveis pela manutenção da população durante o verão, período mais crítico para a festuca.

Matthew et al. (2000) observaram que algumas espécies de gramíneas apresentam picos de perfilhamentos sazonais definidos, uma vez que a renovação de perfilhos está sincronizada com o florescimento. Nesse sentido, a maioria dos perfilhos são formados a partir da base de perfilhos florescidos decapitados. Contudo, neste experimento o padrão característico de perfilhamento hibernal apresentado pela festuca em ambos os anos de avaliação, possivelmente esteja relacionado com efeitos interativos entre temperatura, fotoperíodo (SAXENA et al., 2014) e fatores hormonais (YEH et al., 1976), uma vez que a festuca floresceu somente em meados da primavera, isto é, após os picos de perfilhamento.

O número de perfilhos surgidos por geração e a longevidade das gerações de perfilhos de festuca foram praticamente insensíveis as variações das condições de manejo (Figuras 3E, 3H, 3K e 3N), com exceção de pastos mantidos em 7 cm (Figura 3B). Conforme relatado por Grime (1977), plantas definidas funcionalmente como estresse-tolerantes apresentam dificuldades em persistir em ambientes com alto grau de distúrbio (pastejo animal), uma vez que não são hábeis em adaptar-se morfologicamente. Possivelmente isso justifique um menor número de perfilhos de festuca surgidos por geração registrados nos pastos manejados a 7cm.

A renovação da população de perfilhos de capim-quicuiu foi majoritariamente estival, com destaque principal para as gerações surgidas em janeiro e fevereiro, principalmente no primeiro ano de avaliação, uma vez que foi nessa época que se observou maior disponibilidade de fatores de crescimento (maior temperatura e radiação solar) (Figura 1). Contudo, o padrão demográfico de perfilhamento do capim-quicuiu foi influenciado pela condição de tratamento, uma vez que os incrementos em alturas reduziram a densidade demográfica (número de perfilhos surgidos em cada geração) e a longevidade das gerações de perfilhos surgidas ao longo dos anos (Figuras 3A, 3D, 3G, 3J e 3M). Como a persistência do capim-quicuiu é dependente do recrutamento frequente de perfilhos, já que é caracterizado por gerações pouco longevas (duração média entre três e quatro meses em manejos lenientes) (Figuras 3G e 3M), a ocorrência de geadas (Tabela 1) durante o outono de 2016, e o maior sombreamento em manejos mais lenientes em função do incremento populacional da festuca ocorrida no inverno, impediram a restauração da população do capim-quicuiu durante o verão de 2017, uma vez que as gerações de primavera do ano de 2016 (gerações responsáveis pelo surgimento das gerações de verão) foram comprometidas (Figuras 3G e 3M). Nesse sentido, muito provavelmente a quantidade de reserva de carboidratos que o capim-quicuiu armazenou na base do colmo e raízes (Da SILVA et al., 2014) durante o verão, não foi suficiente para tolerar o alto grau de estresse observados no outono e inverno (baixas temperaturas e radiação), chegando ao final do período experimental com a população próxima de zero. Além disso, a não adubação nitrogenada do capim-quicuiu durante o período estival também pode ter atuado diretamente sobre a perda de persistência da espécie em manejos mais lenientes (17 e 17/7 cm), uma vez que plantas funcionalmente definidas como competidoras tendem a esgotar as reservas de água e carboidratos quando submetidas continuamente a ambientes pouco férteis (GRIME, 1974).

A resposta do aparecimento e sobrevivência das gerações de perfilhos de capim-quicuiu e festuca às variações sazonais e de manejo ficam mais perceptíveis ao visualizar os gráficos do cultivo associado (Figuras 3C, 3F, 3I, 3L e 3O). Por meio deles, pode-se notar o incremento da população da festuca e a redução do capim-quicuiu em função dos incrementos em alturas de manejo ao longo do tempo. Observa-se também que ao final do segundo ano experimental os pastos manejados mais altos (17 e 17/7 cm) foram constituídos quase que integralmente por festuca.

O conhecimento sobre a variação sazonal dos padrões de aparecimento e morte de perfilhos é importante para o entendimento dos mecanismos envolvidos na perenização e fluxo de perfilhos dos pastos (SBRISSIA et al., 2010). Contudo, análises isoladas das taxas de aparecimento e sobrevivência de perfilhos podem não ser bons indicativos do status real de

persistência populacional do pasto em um dado momento, visto que as taxas de sobrevivência podem ser grandes o suficiente para manter a estabilidade da população em períodos onde as taxas de aparecimento são baixas (SBRISSIA et al., 2010).

Nesse sentido, Matthew e Sackville Hamilton (2011) por meio de cálculos algébricos matriciais desenvolveram um índice, denominado de índice de estabilidade populacional de perfilhos (IEP), para verificar a persistência da população de gramíneas em um dado período, sendo que esse cálculo integra simultaneamente as taxas de aparecimento e sobrevivência de perfilhos. Embora não existam informações na literatura referentes à forma de como se calcular o IEP em cultivos associados, neste trabalho o IEP foi obtido por meio das taxas de aparecimento e de sobrevivência calculadas a partir do número total de perfilhos da população (somatório dos perfilhos de capim-quicuiu e festuca) e não por meio de valores individuais de cada espécie, embora tenham sido apresentadas em tabelas anteriores as taxas individuais de aparecimento e de sobrevivência de perfilhos de capim-quicuiu e festuca.

Em nosso experimento, em 2016, o cultivo associado entre *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* tornou-se instável ($IEP < 1$) durante o outono (Figura 4), uma vez que as baixas temperaturas (Figura 1) e a ocorrência de geadas (Tabela 1) reduziram as taxas de aparecimento e sobrevivência de perfilhos de capim-quicuiu (Tabelas 7 e 9). Já no ano de 2017, a perda de estabilidade observada durante as épocas de verão, outono e primavera pode ser justificada especificamente pela redução do aparecimento de perfilhos de capim-quicuiu (Tabela 7), uma vez que as taxas registradas nesses períodos representaram a metade daquelas contabilizadas durante as mesmas épocas do ano anterior e, mesmo havendo incrementos nos valores de sobrevivência de perfilhos (capim-quicuiu e festuca) (Tabelas 8 e 9), estes não foram grandes o suficiente para compensar as pequenas taxas de aparecimento (Tabelas 6 e 7). Contrariamente, o inverno foi a única época do ano de 2017 em que todos os pastos de forma simultânea tornaram-se estáveis (Figura 4). Isso foi possível por meio do efeito combinado entre as maiores taxas de aparecimento de perfilhos de capim-quicuiu e festuca (Tabelas 6 e 7) observadas durante todo o segundo ano de avaliação e também das elevadas taxas de sobrevivência de perfilhos de festuca (Tabela 8) registradas naquele período.

Vale ressaltar que a estimativa do aparecimento de perfilhos em período subsequente a períodos de elevada mortalidade de perfilhos como, por exemplo, em momentos subsequentes à ocorrência de geadas, pode resultar em taxas elevadas apesar do número absoluto de perfilhos surgidos ser baixo. Neste trabalho, isso pode ser confirmado pela visualização da Tabela 7, onde, na época de inverno, as elevadas taxas de aparecimento de perfilhos de capim-quicuiu foram derivadas a partir do surgimento de 505 perfilhos.m⁻² de uma população constituída por

754 perfilhos.m⁻² ($505 \div 0,67$, valor médio calculado a partir dos dados registrados na época de inverno durante os anos de 2016 e 2017, Tabelas 11 e 7). Esse tipo de cenário pode conduzir a resultados confirmativos de uma “falsa” estabilidade populacional, pois apesar de se obter valores de IEP de 1 ou maiores que 1 em função da contribuição quase que exclusiva das altas taxas de aparecimento de perfilhos, a persistência da espécie pode ser comprometida, uma vez que o pasto se torna mais susceptível a ocorrência de estresse (elevadas temperaturas e secas prolongadas) em decorrência de ser constituído por uma pequena DPP.

Contudo, neste trabalho, apesar de serem apresentadas as taxas de aparecimento (Tabelas 6 e 7) e sobrevivência de perfilhos (Tabelas 8 e 9) de cada espécie, seus efeitos isolados foram diluídos dentro de toda a população, uma vez que o IEP foi obtido a partir das taxas de aparecimento e sobrevivência de perfilhos da população total dos pastos (somatório das populações de cada espécie).

5.6 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

A *Festuca arundinacea* cv. Rizomat coexiste com o *Pennisetum clandestinum* em alturas de manejos variando entre 7 a 17 cm.

O rebaixamento estratégico de outono não altera a dinâmica populacional da *Festuca arundinacea* cultivada em associação com o *Pennisetum clandestinum*.

Apesar de ser possível a coexistência entre o capim-quicuiu e a festuca, é importante ressaltar que ao final do segundo ano de avaliação, a população de capim-quicuiu compunha menos de 6% da população total de perfilhos em pastos manejados em 12, 12/7, 17 e 17/7 cm. Nesse sentido, para assegurar a persistência conjunta dessas plantas no médio e longo prazo seria interessante adotar estratégias de manejo que possibilitassem aumentos significativos da população do capim-quicuiu durante a sua estação de crescimento (período estival) como, por exemplo, o uso de nitrogênio. Além disso, os gráficos demográficos do cultivo associado (Figuras 3C) mostram que o capim-quicuiu foi a espécie dominante nos pastos manejados a 7 cm, uma vez que a festuca, por ser funcionalmente definida como estresse-tolerante (GRIME, 1977), não tolera alto grau de distúrbio. Nesse sentido, poderia se pensar em um novo protocolo experimental onde os rebaixamentos dos pastos (similares ao que foi realizado durante o outono) fossem realizados no final da primavera, com o objetivo de promover um distúrbio pontual na população de festuca o que, possivelmente, estimularia o perfilhamento do capim-quicuiu por permitir maior entrada de luz na base do dossel.

5.7 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n.6, p. 711-728, 2013.

BOUTON et al. Yield and persistence of tall fescue in the southeastern coastal-plain after removal of its endophyte. **Agronomy Journal**, Wisconsin, v.85, n. 1, p. 52–55, 1993.

CASAL, J.J.; DEREGIBUS, V. A.; SÁNCHEZ, R. A. variations in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam. Vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far-red irradiation. **Annals of Botany**, Oxford, v. 56, p. 553-559, 1985.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

Da SILVA et al. Carbon and nitrogen reserves in marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. **Journal of Agricultural Science**, [S.l.], v. 153, p. 1449-1463, 2014.

DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **Journal of Agricultural Science**, [S.l.], v. 82, p. 165-172, 1974.

DEREGIBUS, V. A. et al. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, [S.l.], v. 72, p. 900-902, 1983.

DUCHINI, P. G. **Aspectos produtivos e estabilidade populacional de gramíneas perenes com diferentes estratégias de crescimento cultivadas puras ou em mistura.** 2017. 104 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Brazilian system of soil classification.** 2nd ed. EMBRAPA solos, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

FRANZLUEBBERS, A. J.; SEMAN, D.H.; STUDEMANN, J.A. Forage dynamics in mixed tall fescue–bermudagrass pastures of the Southern Piedmont USA. **Agricultural, Ecosystems and Environment**, Berkeley, v. 168, p. 37-45, 2013.

FRANZLUEBBERS, A. J.; STUDEMANN, J.A; SEMAN, D.H. Stocker performance and production in mixed tall fescue–bermudagrass pastures of the Southern Piedmont USA. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Lincoln, v. 28, n. 6, p.160-172, 2012.

GRIME, J. P. Competitive exclusion in herbaceous vegetation. **Nature**, v. 242, 1973.

GRIME, J. P. Evidence for existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American Naturalist**, Chicago, v. 111, n. 982, p. 1669-1194, 1977.

GRIME, J. P. Vegetation classification by reference to strategies. **Nature**, v. 250, p. 26-31, 1974.

MALINOWSKI, D.P.; BELESKY, D.P. Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. **Crop Science**, Chicago, v. 40, p. 923–940, 2000.

MATTHEW, C. et al. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRE, G. et al. (Eds.) **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**, Wallingford: CABI International, p. 127-150, 2000.

MATTHEW, C.; SACKVILLE HAMILTON, N. R. Analyzing persistence of grass swards in terms of tiller birth and death. **Pasture Persistence–Grassland Research and Practice**, [S.I.], v. 15, p. 63-68, 2011.

MEARS, P. T. Kikuyu. (*Pennisetum clandestinum*) as a pasture grass. A review. **Tropical Grasslands**, Wollongbar, v. 4, p. 139-152, 1970.

MITCHELL, K. J. Influence of light and temperature on the growth of ryegrass (*Lolium* spp.) ii. The control of lateral bud development. **Physiologia Plantarum**, [S.I.], vol. 6, 1953.

MORGAN, J. A. W.; BENDING, G. D.; WHITE, P. J. Biological costs and benefits to plant–microbe interactions in the rhizosphere. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 56, n. 417, p. 1729-1739, 2005.

PITMAN, W. D. Response of a Georgia 5 tall fescue-common bermudagrass mixture to season of nitrogen fertilization on the Coastal Plain. **Journal of Plant Nutrition**, [S.I.], v. 22, n. 10, p. 1509-1517, 1999.

READ, J. J.; LANG, D. J.; AIKEN, G. E. Seasonal nitrogen effects on nutritive value in binary mixtures of tall fescue and bermudagrass. **Grass and Forage Science**, [S.l.], v. 72, p. 467-480, 2016.

SAHA, D. C.; JACKSON, M. A.; JOHNSON-CICALESE. A rapid staining method for detection of endophytic fungi in turf and forage grasses. **The American Phytopathological Society**, [S.l.], v. 78, n. 2, 237-239, 1988.

SAXENA et al. Photoperiod and temperature effects on rhizome production and tillering rate in tall fescue [*Lolium arundinaceum* (Schreb.) Darby.]. **Crop Science**, Fitchburg, v. 54, 1205-1210, 2014.

SBRISIA et al. Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. **Plant Ecology**, Boston, v. 206, p. 349-359, 2010.

SBRISIA, A. F. et al. Defoliation strategies in pastures submitted to intermittent stocking method: underlying mechanisms buffering forage accumulation over a range of grazing heights. **Crop Science**, Fitchburg, v. 58, n. 2, p. 945-954, 2018.

SCHENEITER, O.; AMÉNDOLA, C. Tiller demography in tall fescue (*Festuca arundinacea*) swards as influenced by nitrogen fertilization, sowing method and grazing management. **Grass and Forage Science**, [S.l.], v. 67, p.426-436, 2012.

STEINER, J.L.; FRANZLUEBBERS, A.J. Farming with grass—for people, for profit, for production, for protection. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 64, p.75-80, 2009.

TOYOTA, M. et al. Tillering responses to high red/ far-red ratio of four Japanese wheat cultivars. **Plant Production Science**, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 124-130, 2014.

WOLFINGER, R. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics-Simulation and Computation**, [S.l.], v. 22, n. 4, p. 1079-1106, 1993.

YEH, R. Y.; MATCHES, A. G.; LARSON, R. L. Endogenous growth regulators and summer tillering of tall fescue. **Crop Science**, Chicago, v. 16, p. 409-413, 1976.

6 ACÚMULO DE FORRAGEM EM PASTOS DE *Pennisetum clandestinum* E *Festuca arundinacea* CULTIVADOS EM ASSOCIAÇÃO

6.1 RESUMO

O manejo do pastejo, definido por meio do controle em alturas, influencia diretamente o acúmulo de forragem, uma vez que modula os componentes (densidade populacional de perfilhos e fluxo de tecidos em perfilhos individuais) reguladores do índice de área foliar (IAF) do pasto. O objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de forragem e a composição botânica em pastos de capim-quicuiu e festuca cultivados em associação e submetidos a cinco condições de manejo ao longo de dois anos de avaliação. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, Brasil. Os tratamentos consistiram de cinco condições de manejo, três delas (7, 12 e 17 cm) representaram alturas que os pastos foram mantidos ininterruptamente durante todo o período experimental e as demais (12/7 e 17/7 cm) consistiram em alturas de manejo associadas a rebaixamentos dos pastos a 7 cm durante o outono. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com três repetições. O acúmulo de forragem foi quantificado por meio do uso de duas gaiolas de exclusão por unidade experimental. O acúmulo de forragem dos pastos foi similar entre todas as condições de manejo nos dois anos de avaliação. Em 2016, o maior acúmulo de forragem foi observado na época de inverno/primavera. Em 2017, os acúmulos de forragem registrados nas épocas de verão e inverno/primavera foram similares entre si e maiores que no outono. No primeiro ano de avaliação os pastos foram majoritariamente constituídos por capim-quicuiu durante as épocas de verão e outono independente da condição de manejo. No ano seguinte, durante as épocas de verão e inverno/primavera, a festuca representou mais de 69% da massa de forragem, praticamente em todas as condições de manejo, com exceção dos pastos manejados a 7 cm durante o verão, quando a festuca representou cerca de 14% da massa de forragem total. O rebaixamento de outono reduziu a massa de forragem e a proporção de material morto (M.M.) dos pastos, 12/7 e 17/7 cm. Contudo, aumentou a proporção de folhas na época de inverno/primavera, sem alterar o acúmulo de forragem. O rebaixamento de outono não altera o acúmulo de forragem em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação.

Palavras chave: Coexistência entre plantas. Gramíneas perenes C₃ e C₄. Produção de forragem. Mistura de espécies forrageiras. Vazio forrageiro.

6.2 INTRODUÇÃO

Áreas do globo terrestre localizadas em latitudes onde o clima é definido como Cfa ou Cfb (ALVARES et al., 2013) possibilitam o cultivo de espécies forrageiras estivais durante as estações mais quentes (primavera e verão) e de espécies forrageiras hibernais durante as estações mais frias (outono e inverno) como, por exemplo, em boa parte da região sul do Brasil.

Dentro do sistema de espécies cultivadas, a produção de forragem no sul do Brasil é definida basicamente pelo cultivo de gramíneas forrageiras estivais (espécies C₄) e gramíneas

forrageiras hibernais (espécies C₃). Nesse cenário, há informações referentes ao manejo e ao acúmulo de forragem de gramíneas estivais anuais (NEUMANN et al., 2005) e perenes (CASTRO et al., 2013) e de gramíneas hibernais anuais em monocultivo (ROMAN et al., 2010) ou cultivadas em associação (AGUINAGA et al., 2008). Contudo, há poucas informações referentes ao acúmulo de forragem em cultivos associados com gramíneas perenes e fisiologicamente distintas (espécies C₃ e C₄) em resposta ao pastejo (FRANZLUEBBERS; SEMAN; STUDEMANN, 2013).

Em um trabalho clássico realizado na década de 80 com um cultivo associado entre duas gramíneas C₃ ((uma perene (*Lolium perenne*) e a outra anual (*Poa annua*)) e uma leguminosa (*Trifolium repens*) sob lotação contínua, Bircham e Hodgson (1983) observaram que pastos mantidos em uma faixa relativamente ampla de manejo apresentaram o mesmo acúmulo líquido de forragem. Segundo os autores, isso ocorreu porque houve um efeito tampão regido por mecanismos homeostáticos através do qual as mudanças compensatórias em densidade populacional de perfilhos e fluxo de tecidos em plantas individuais combinaram-se entre si para manter relativamente constante a produção líquida de forragem ao longo de uma faixa de variação em IAF. Além disso, trabalhos subsequentes realizados com outras gramíneas forrageiras de via fotossintética C₃ (CARVALHO et al., 2010; PONTES et al., 2004) e C₄ (PINTO et al., 2001) também manejadas sob lotação contínua observaram respostas similares àquelas relatadas por Bircham e Hodgson (1983). Nesse sentido, parece razoável sugerir que a interação entre a densidade populacional de plantas e perfilhos individuais atue de forma similar em pastos constituídos por duas gramíneas perenes e fisiologicamente distintas (C₃ e C₄).

Em trabalhos realizados com o capim-quicuiu em monocultivo e em região onde o clima é classificado como Cfb, observou-se que a produção de forragem dessa espécie concentra-se entre os meses de dezembro a maio, uma vez que a ocorrência de geadas e as baixas temperaturas no inverno secam a sua parte aérea no final do outono e sua rebrotação retorna somente no final da primavera (SBRISSIA et al., 2018). Por sua vez, a festuca é praticamente insensível às injurias causadas pelo frio nessas condições climáticas (GIBSON; NEWMAN, 2001), além de sua produção ser intensificada a partir do inverno até o final da primavera (COSTA et al., 2003; FLARESSO et al., 1997).

Nesse sentido, uma vez que o frio e a ocorrência de geadas paralisam o crescimento e secam a parte área do capim-quicuiu no outono, seria interessante adotar estratégias de manejo nessa época do ano como, por exemplo, rebaixamentos pontuais dos pastos. Esse tipo de manejo removeria grande quantidade de tecidos inativos fotossinteticamente, além de permitir maior entrada de luz em quantidade e qualidade na base do dossel forrageiro e, com isso, poderia

anticipar a rebrotação da festuca, uma vez que estimularia a renovação da população de perfilhos (CASAL; DEREGIBUS; SÁNCHEZ, 1985; DAVIS, 1974; DEREGIBUS et al., 1983; MITCHEL, 1953).

Diante do exposto, a hipótese central desse trabalho é que o rebaixamento outonal promoverá maior acúmulo de forragem em pastos de capim-quicuiu e festuca cultivados em associação. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de forragem e a composição botânica em pastos de capim-quicuiu e festuca cultivados em associação submetidos a cinco condições de manejo ao longo de dois anos de avaliação.

6.3 MATERIAL E MÉTODOS

6.3.1 Local, condições climáticas e implantação da área experimental

O experimento foi conduzido no centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, Brasil. O local apresenta coordenadas geográficas 27°48'58" de latitude sul, 50°19'34" longitude oeste e 900 m de altitude. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfb (clima temperado) (ALVARES et al., 2013), com verão ameno, inverno frio e chuvas bem distribuídas ao longo do ano. A pluviosidade anual média da região é de 1543 mm e a temperatura média do ar varia de 11,0 °C em julho a 20,4 °C em janeiro (Figura 1).

O experimento foi implantado em um solo classificado como Cambissolo húmico alumínico léptico (EMBRAPA, 2006), que apresentou as seguintes características químicas na camada de 0-20 cm de profundidade: pH (SMP) = 5,7; MO = 4,2%; P=35,8 mg.dm⁻³; K=142 mg.dm⁻³; Ca = 2,2 cmol_c.dm⁻³; Mg = 1,5 cmol_c.dm⁻³; H + Al = 6,2 cmol_c.dm⁻³; capacidade de troca de cátions em pH 7,0 = 20,5 cmol_c.dm⁻³; saturação por bases = 39,9% e argila = 53%. Com base nesses resultados foram realizadas adubações de manutenção com superfostato simples e cloreto de potássio segundo as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS – RS/SC, 2004) para gramíneas perenes de inverno.

A área experimental com área de 2100 m² foi implantada em julho de 2014 a partir da sobressemeadura de *Festuca arundinacea* cv. Rizomat em pastos de *Pennisetum clandestinum* já estabelecidos desde a década de 90. Primeiramente, os pastos de capim-quicuiu foram roçados mecanicamente à 10 cm de altura e, em seguida foi realizada a sobressemeadura da festuca utilizando uma densidade de semeadura de 50 kg.ha⁻¹ de sementes puras viáveis a uma

profundidade aproximada de 4 cm. Quarenta dias após a semeadura, os pastos foram adubados com 90 kg.ha⁻¹ de nitrogênio na forma de ureia. Após implantação da festuca, a população de ambas as espécies foi monitorada regularmente e, em abril de 2015, observou-se que a população da festuca compunha menos que 10% da população total da mistura (festuca mais quicuiu). Nesse sentido, em maio desse mesmo ano a festuca foi novamente sobressemeada em linhas transversais as linhas do primeiro plantio utilizando a mesma densidade e profundidade de semeadura utilizadas anteriormente. Da mesma forma, em torno de 40 dias após a ressemeadura os pastos foram adubados com 90 kg de N.ha⁻¹ e 167 kg de P₂O₅.ha⁻¹.

6.3.2 Tratamentos, delineamento experimental e manejos

Os tratamentos consistiram de cinco condições de manejo (7; 12; 17; 12/7 e 17/7 cm), sendo que em três delas os pastos foram ininterruptamente mantidos em alturas de 7, 12 e 17 cm ao longo de todo o período experimental. Os demais tratamentos, 12/7 e 17/7 cm, referem-se a combinações de alturas de manejo com rebaixamentos pontuais para a altura de 7 cm no outono. Assim, os pastos foram mantidos em alturas de doze e dezessete centímetros a partir do início do experimento até o outono do primeiro ano de avaliação quando, exclusivamente no mês de maio, foram rebaixados a 7 centímetros de altura. Após rebaixamento, permitiu-se que os mesmos retornassem às suas alturas originais, as quais foram mantidas até o outono do segundo ano de avaliação, quando novamente realizou-se o mesmo procedimento.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com três repetições. O período de coleta de dados foi de dezembro de 2015 a outubro de 2017. No entanto, os pastos já vinham sendo manejados em suas respectivas condições de tratamento desde setembro de 2015, definindo, assim, um período de adaptação pré-experimental de três meses. Além disso, é importante ressaltar que os tratamentos 12/7 e 17/7 cm passaram a existir, de fato, somente após o primeiro rebaixamento de outono realizado no mês de maio de 2016, pois até aquele momento eram apenas réplicas estruturais dos pastos mantidos em 12 e 17 centímetros, respectivamente.

A altura dos pastos de cada tratamento foi determinada por meio da média calculada a partir de 30 leituras de altura medidas com régua em pontos aleatoriamente escolhidos dentro de cada unidade experimental. A altura dos pastos foi medida semanalmente e durante todo o período experimental e, sua manutenção foi realizada por meio do pastejo de bovinos leiteiros pertencentes ao plantel do CAV-UDESC. As médias das alturas de cada tratamento foram agrupadas mensalmente (Figura 2).

O método de lotação utilizado simulava o de lotação contínua, uma vez que as unidades experimentais com áreas de 140 m² não suportavam a presença contínua dos animais. Nesse sentido, os animais foram colocados nas unidades experimentais antes que as alturas dos pastos estivessem 10% acima e retirados antes que os valores estivessem 10% abaixo de suas metas de tratamento, com exceção dos pastos rebaixados no outono, onde os animais removeram maiores quantidades de tecido vegetal naquela época. Mais precisamente, a frequência com que os animais foram usados para a manutenção das alturas dos pastos variou entre quatro e sete dias, dependendo do período do ano (fatores abióticos). O tempo de pastejo em cada evento foi em média de três horas, com exceção dos pastos rebaixados no outono, onde os animais inicialmente deveriam permanecer nos respectivos piquetes até que os pastos fossem rebaixados para 7 cm de altura. No entanto, houve a necessidade de retirá-los dos piquetes quando as alturas dos pastos estavam em torno de 8,5 e 9,5 cm, respectivamente, para os tratamentos 12/7 e 17/7 cm, uma vez que não mais se observou reduções significativas nos valores de altura. Além disso, começou a ocorrer o arranquio demasiado de perfilhos. Adicionalmente, para fins de protocolo experimental, o ajuste fino das alturas dos pastos pós-pastejo em 7 cm foi realizado mecanicamente por meio da utilização de roçadeira costal.

Todo o manejo de adubação nitrogenada foi exclusivamente pensado e executado de forma a favorecer o crescimento e desenvolvimento da gramínea hibernal. Nesse sentido, a adubação foi exclusivamente concentrada no período mais frio do ano, quando os pastos receberam 250 kg de N.ha⁻¹.ano⁻¹ parcelados em quatro aplicações (duas de 70 kg.ha⁻¹ e duas de 55 kg.ha⁻¹) (Tabela 2).

6.3.3 Variáveis medidas e calculadas

As avaliações de todas as variáveis foram realizadas mensalmente, durante todo o período experimental. A massa de forragem foi quantificada por meio do uso de quadros metálicos de 0,24 m² (0,8 × 0,3m) de área de. Dois quadros por unidade experimental foram alocados em pontos representativos da condição média de cada tratamento e toda massa de forragem contida no interior de cada moldura foi cortada rente ao solo com auxílio de tesouras de tosquia. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas para o laboratório, onde foram separadas manualmente em seus componentes botânicos. Posteriormente, todas as frações dos componentes botânicos, folhas e colmos de festuca e de capim-quicuiu, material morto (M.M.) e outras espécies foram colocadas separadamente em sacos de papel pardo e levados para a estufa com circulação forçada de ar a 65 °C onde

permaneceram por 72 horas. Após secagem, as amostras foram pesadas em balança digital para a quantificação da matéria seca. A massa de forragem total dos pastos, juntamente com as frações botânicas (folhas, colmos e M.M.), foram obtidas por meio da soma das massas parciais de cada espécie que compunha o cultivo associado.

O índice de área foliar dos pastos foi estimado a partir da coleta, de forma aleatória, de amostras contendo aproximadamente 50 perfilhos de capim-quicuiu e festuca dentro de cada unidade experimental. No laboratório, todas as lâminas foliares verdes de todos os perfilhos contidos em cada amostra foram destacadas e integradas em aparelho integrador de área foliar modelo LI-3100C, secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas, e posteriormente pesadas. Em seguida, calculou-se a área foliar específica ($\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) de cada amostra por meio da razão entre área foliar e peso seco. A partir do resultado, estimou-se o índice de área foliar dos pastos por meio do produto entre a área foliar específica e a massa seca de folhas (g) oriundas da separação botânica das massas de forragem e pela divisão desse valor pela área do quadro amostral (2400 cm^2). Logo, o IAF dos pastos foi obtido pelo somatório dos IAFs individuais das espécies, capim-quicuiu e festuca.

A densidade populacional de perfilhos (DPP) dos pastos foi estimada a partir da contagem do número de perfilhos de capim-quicuiu e festuca contidos no interior de dois quadros amostrais de $0,24 \text{ m}^2$ de área de por unidade experimental. Mais especificamente, a DPP dos pastos foi derivada das mesmas amostras utilizadas para a quantificação da massa de forragem e composição botânica, onde a DPP dos pastos foi obtida por meio da soma das DPPs de capim-quicuiu e festuca contadas antes das amostras serem fracionadas em folhas e colmos.

O acúmulo de forragem foi estimado a partir da quantificação das massas de forragem contidas no interior de duas gaiolas de exclusão de $0,63 \text{ m}^2$ ($0,7 \times 0,9 \text{ m}$) de área presentes em cada unidade experimental. No momento da primeira coleta, dia 0, foram simultaneamente escolhidas duas áreas (áreas 1 e 2), visualmente semelhantes entre si, onde em uma delas (área 1) toda a massa de forragem contida no interior do quadro amostral (de área de $0,24 \text{ m}^2$) alocado naquele local foi cortada rente ao solo (corte da massa de forragem fora da gaiola). Adicionalmente, a gaiola de exclusão foi alocada na área 2. Na coleta seguinte, em torno de 25 dias depois da alocação, a gaiola de exclusão foi removida do local de origem e em seguida alocou-se o quadro amostral exatamente em cima do local onde a gaiola estava, e toda a massa de forragem contida no interior da moldura foi cortada também rente ao solo (corte da massa de forragem dentro da gaiola). Após esse procedimento, foram novamente escolhidas duas novas áreas similares entre si, onde em uma delas realizou-se novamente o corte da massa de forragem (corte fora da gaiola) e na outra houve o reposicionamento da gaiola de exclusão. No

laboratório, tanto as massas de forragem provenientes dos cortes de fora quanto os cortes de dentro das gaiolas de exclusão foram separadas em capim-quicuiu e festuca, M.M. e outras espécies e, em seguida, foram secas e pesadas. Posteriormente, estimou-se o acúmulo de forragem do período avaliado por meio da diferença de peso seco entre a massa de capim-quicuiu e festuca amostrada no interior da gaiola de exclusão no dia 25 e a massa de forragem amostrada fora da gaiola no dia 0.

6.3.4 Análise estatística

Para fins de análise estatística, os dados foram agrupados em função do padrão de resposta dos pastos às variações climáticas ocorridas ao longo do ano. Nesse sentido, os dados foram agrupados em três épocas distintas: verão (representado pelos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e primeira quinzena de março), outono (segunda quinzena de março, abril e maio) e inverno/primavera (período compreendido entre junho a novembro). Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância utilizando o procedimento MIXED (modelos mistos) do pacote estatístico SAS® (*Statistical Analysis system*), versão 9.2. Para a escolha da matriz de covariância que melhor se ajustasse aos conjuntos de dados foi utilizado o Critério de informação de Akaike (AIC) (WOLFINGER, 1993). Foram utilizados no modelo efeito de ano, tratamento, época do ano e a interação tratamento*época do ano, considerando as épocas do ano como medidas repetidas no tempo. As médias de cada variável foram estimadas pelo LSMEANS e comparadas pelo teste de Tukey com probabilidade de 5%.

6.4 RESULTADOS

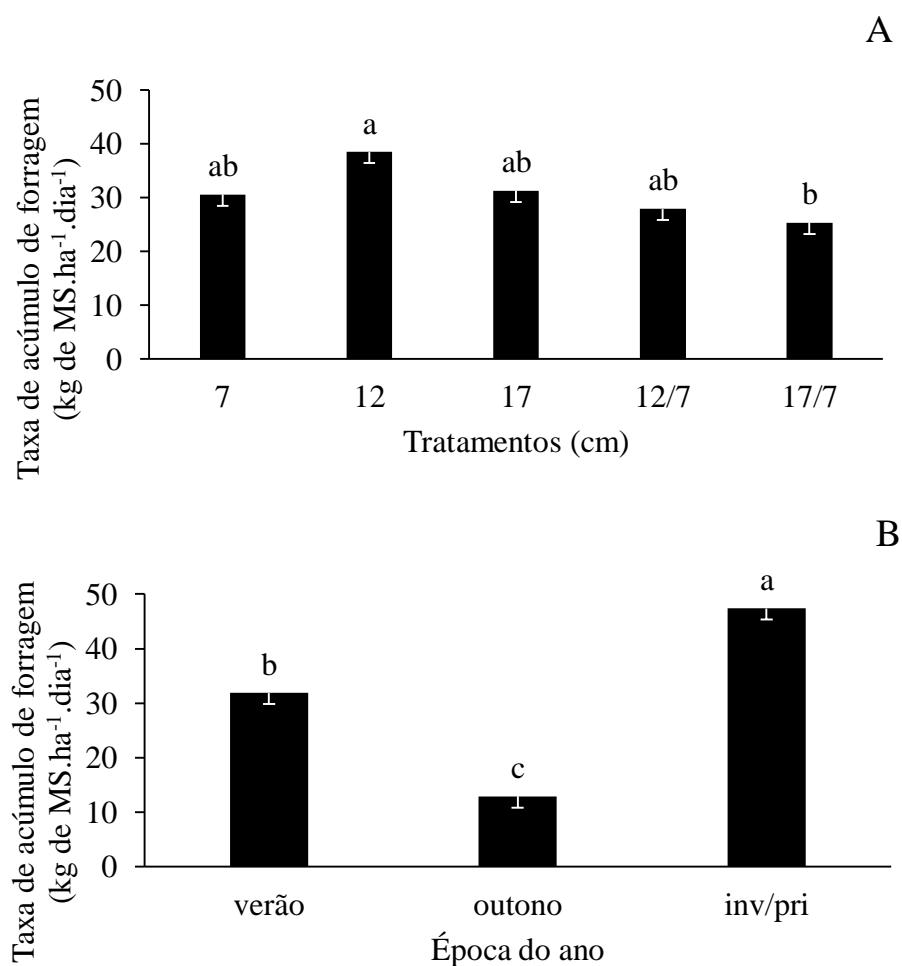
Por meio de avaliações realizadas nos tecidos vegetais (folha e colmo) seguindo o procedimento metodológico descrito por Saha, Jackson e Johnson-Cicalese (1988) verificou-se que a festuca cv. Rizomat utilizada no experimento estava livre da presença de fungos endofíticos.

6.4.1 Acúmulo de forragem

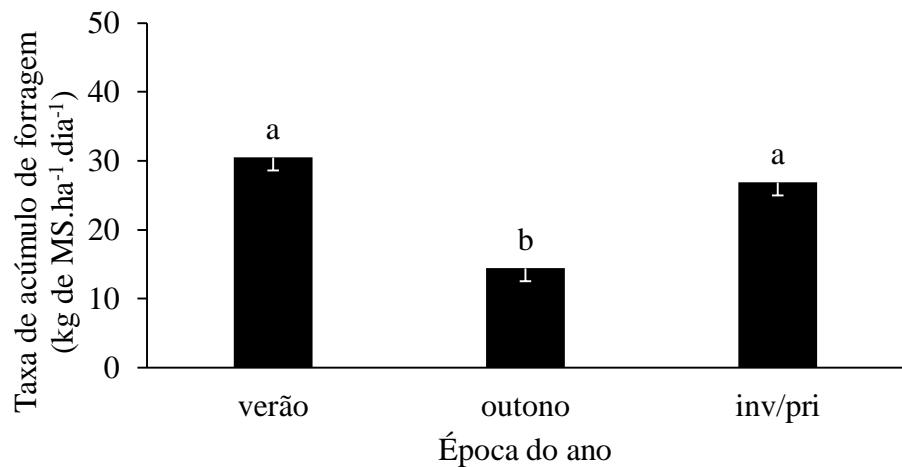
Para a taxa de acúmulo de forragem houve efeito de ano ($P=0,0100$). Em 2016, houve efeito de tratamento ($P=0,0218$) e época do ano ($P<0,0001$), onde a taxa de acúmulo em pastos mantidos a 12 cm foi cerca de 1,5 vez maior comparativamente àqueles manejados a 17/7 cm.

Os demais tratamentos foram similares entre si e entre os pastos manejados a 12 e 17/7 cm (Figura 5A). Em relação a época do ano, as taxas de acúmulo observadas no período de inverno/primavera foram 72,8 e 32,8% maior que as taxas registradas no outono e verão, respectivamente (Figura 5B). Já para o ano de 2017, houve efeito de época do ano ($P<0,0001$), sendo as maiores taxas de acúmulo de forragem observadas durante o verão e inverno/primavera, sendo em média, aproximadamente, 2 vezes maior que aquelas observadas no outono (Figura 5C).

Figura 5 - Taxa de acúmulo de forragem em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo (A) em diferentes épocas do ano durante o ano de 2016 (B) e em 2017 (C).



C



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

6.4.2 Massa de forragem e composição botânica dos pastos

A massa de forragem variou em função do ano ($P<0,0001$). Tanto para o ano de 2016 quanto para o ano de 2017 houve efeito de interação entre tratamento e época do ano, ($P<0,0001$ e $P=0,0020$, respectivamente), onde, de forma geral, os menores valores de massa de forragem foram observados nos pastos manejados a 7 cm. Além disso, no ano de 2016, as menores massas de forragem foram observadas no período de inverno/primavera, com exceção do tratamento 17 cm, cuja massa de forragem não diferiu significativamente daquela observada no período de verão (Tabela 12). Já para o ano de 2017, a massa de forragem foi basicamente similar em todas as épocas do ano, com exceção dos pastos manejados a 12/7 e 17/7 cm, nos quais os menores valores foram observados no período de inverno/primavera (Tabela 12).

Tabela 12 - Massa de forragem em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

Época	2016					Média	EP		
	Tratamento (cm)								
	7	12	17	12/7	17/7				
kg de MS.ha ⁻¹									
Verão	5540Ac	5870 Aabc	6390 Bab	5770 Abc	6500 Aa	6020	60		
Outono	4800 Bd	5890 Abc	7150 Aa	5520 Ac	6240 Ab	5920	60		
Inv/Pri	3150 Cd	4567 Bb	5870 Ba	3700 Bcd	4370 Bbc	4330	60		
Média	4500	5540	6470	4500	5700				
EP	77	77	77	77	77				
2017									
Época	Tratamento (cm)					Média	EP		
	7	12	17	12/7	17/7				
	kg de MS.ha ⁻¹								
Verão	4060 Ac	4650 Abc	5610 Aa	4190 ABC	5380 Aab	4780	70		
Outono	4700 Ab	5140 Aab	5680 Aa	4900 Aab	5040 ABab	5090	70		
Inv/Pri	3940 Abc	4550 Ab	5840 Aa	3670 Bc	4400 Bbc	4480	70		
Média	4240	4780	5710	4250	4940				
EP	90	90	90	90	90				

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ($P<0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

A porcentagem de folhas variou em função do ano ($P<0,0001$), sendo que tanto no ano de 2016 quanto no ano de 2017 foi verificado efeito de interação entre tratamento e época do ano ($P<0,0001$). No ano de 2016, os valores de porcentagem de folhas foram similares entre os tratamentos, com exceção da época de inverno/primavera, quando os pastos rebaixados no outono (12/7 e 17/7) apresentaram em suas massas de forragem cerca de 30,3% mais folhas comparativamente às demais condições de manejo. Além disso, os maiores valores de porcentagem de folhas foram observados durante as épocas de verão e inverno/primavera, com exceção dos pastos manejados em 12/7 e 17/7 cm, os quais apresentaram valores intermediários durante o verão (Tabela 13).

No ano de 2017, os pastos manejados a 7 cm apresentaram menores valores de porcentagem de folhas independentemente da época avaliada. Além disso, similarmente ao ocorrido em 2016, pastos rebaixados no outono (12/7 e 17/7 cm) também apresentaram em média 21% mais folhas comparativamente aos pastos mantidos em 12 e 17 cm durante a época inverno/primavera. Em relação as épocas do ano, as menores porcentagens de folhas também foram observadas no outono (Tabela 13).

Tabela 13 - Porcentagem de folhas em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

Época	2016					Média	EP		
	Tratamento (cm)								
	7	12	17	12/7	17/7				
%									
Verão	21 Aa	24 Aa	22 Aa	23 Ba	23 Ba	23	0,3		
Outono	12 Ba	13 Ba	13 Ba	12 Ca	12 Ca	13	0,3		
Inv/Pri	23 Ab	25 Ab	25 Ab	31 Aa	34 Aa	28	0,3		
Média	19	21	20	22	23				
EP	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5				
2017									
Época	Tratamento (cm)					Média	EP		
	7	12	17	12/7	17/7				
	%								
Verão	24 Ab	31 Aa	30 Aa	30 Ba	31 Ba	30	0,3		
Outono	14 Bb	20 Ba	22 Ba	20 Ca	18 Cab	19	0,3		
Inv/Pri	22 Ac	30 Ab	28 Ab	37 Aa	37 Aa	31	0,3		
Média	20	27	27	29	29				
EP	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4				

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ($P<0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Em relação à porcentagem de colmos, também foi observado efeito de ano ($P<0,0001$). No ano de 2016, houve efeito de época do ano ($P<0,0001$), onde a porcentagem de colmos observada no verão foi aproximadamente 30,5 e 45% superiores àquelas observadas nas épocas de outono e inverno/primavera, respectivamente (Tabela 14). No ano de 2017, houve efeito de interação entre tratamento e época do ano ($P<0,0001$), sendo que os valores de porcentagem de colmos observados dentro de cada época do ano foram similares entre si, com exceção do verão, quando os pastos manejados a 7 cm apresentaram 29,2% mais colmos comparativamente aos demais tratamentos. Já entre as épocas do ano, os menores valores foram observados durante o período de inverno/primavera (Tabela 14).

Tabela 14 - Porcentagem de colmo em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

Época	2016					Média	EP		
	Tratamentos (cm)								
	7	12	17	12/7	17/7				
%									
Verão	30	28	31	29	30	30 A	0,4		
Outono	19	21	21	20	22	21 B	0,4		
Inv/pri	15	15	17	17	17	16 C	0,4		
Média	21 a	21 a	23 a	22 a	23 a				
EP	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6				
2017									
Época	Tratamentos (cm)					Média	EP		
	7	12	17	12/7	17/7				
	%								
Verão	27 Aa	18 ABb	19 Ab	19 Ab	20 Ab	21	0,3		
Outono	21 Ba	21 Aa	22 Aa	20 Aa	21 Aa	21	0,3		
Inv/pri	13 Ca	15 Ba	14 Ba	15 Ba	16 Ba	15	0,3		
Média	20	18	19	18	19,0				
EP	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4				

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ($P<0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

A porcentagem de material morto (M.M.) variou em função do ano ($P=0,0133$). Tanto no ano de 2016 quanto no ano de 2017, houve efeito de interação entre tratamento e época do ano ($P<0,0001$), onde os pastos manejados a 12/7 e 17/7 cm apresentaram em média 13% menos M.M. no ano de 2016 e 20,5% menos material morto no ano de 2017 durante a época de inverno/primavera comparativamente aos demais tratamentos (Tabela 15). Além disso, em 2016, os maiores valores de M.M foram observados durante o outono, independentemente de tratamento. Já em 2017, em termos gerais, os maiores valores de M.M. ocorreram durante as épocas de outono e inverno/primavera, com exceção dos tratamentos 12/7 e 17/7 cm, nos quais os valores contabilizados no outono foram em média 20,5% maiores, comparativamente às demais épocas do ano avaliadas (Tabela 15).

Tabela 15 - Porcentagem de material morto em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

Época	2016					Média	EP		
	Tratamentos (cm)								
	7	12	17	12/7	17/7				
%									
Verão	47 Ca	44 Ba	43 Ca	44 Ba	43 Ba	44	0,4		
Outono	67 Aa	61 Ab	62 Aab	64 Aab	63 Aab	63	0,4		
Inv/pri	55 Ba	57 Aa	55 Ba	48 Bb	47 Bb	52	0,4		
Média	56	54	53	52	51				
EP	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6				
2017									
Época	Tratamentos (cm)					Média	EP		
	7	12	17	12/7	17/7				
	%								
Verão	44 Ba	48 Ba	49 Ba	44 Ba	46 Ba	46	0,4		
Outono	60 Aa	55 Aab	55 Ab	56 Aab	58 Aab	57	0,4		
Inv/pri	61 Aa	53 ABb	56 Aab	45 Bc	46 Bc	52	0,4		
Média	55	52	53	49	50				
EP	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6				

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ($P<0,05$).
Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Embora não tenha sido realizada a análise estatística para a porcentagem do capim-quicuiu e da festuca que compunham a massa de forragem do cultivo associado, pôde se observar que o capim-quicuiu, no ano de 2016, compôs em média cerca de 70% da massa de forragem dos pastos durante o verão e o outono independente da condição de manejo (Tabela 16). No entanto, na época de inverno/primavera, a festuca representou em média 96% da massa de forragem nos pastos manejados a 12, 12/7, 17 e 17/7 cm. No ano de 2017, durante o verão e o outono, cerca de 69% da massa de forragem foi composta pela festuca, com exceção dos pastos manejados a 7 cm, onde a festuca representou aproximadamente 14%. Na época do inverno/primavera a massa de forragem dos pastos manejados em 12, 12/7, 17 e 17/7 cm foi majoritariamente composta por festuca (Tabela 16).

Tabela 16 - Porcentagem de festuca (F) e de capim-quicuiu (Q) na massa de forragem em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

Época	2016											
	Tratamentos (cm)											
	7		12		17		12/7		17/7			
	F	Q	F	Q	F	Q	F	Q	F	Q		
	%											
Verão	6	94	19	81	13	87	18	82	24	76		
Outono	2	98	27	73	24	76	11	89	20	80		
Inv/pri	78	22	97	3	99	1	95	5	95	5		

Época	2017											
	Tratamentos (cm)											
	7		12		17		12/7		17/7			
	F	Q	F	Q	F	Q	F	Q	F	Q		
	%											
Verão	14	86	79	21	84	16	70	30	77	23		
Outono	15	85	54	46	64	36	55	45	68	32		
Inv/pri	76	24	92	8	98	2	95	5	99	1		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

6.4.3 Área foliar por perfilho e índice de área foliar

A área foliar por perfilho variou em função do ano ($P<0,0001$). No ano de 2016, houve efeito de tratamento ($P<0,0001$) e época do ano ($P=0,0157$), onde a área foliar por perfilho em pastos manejados a 17 e 17/7 cm foi em média 59% maior do que aquela de pastos manejados a 7 cm. Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários (Tabela 17). Em relação a época do ano, a área foliar por perfilho observada durante o período de inverno/primavera foi 1,2 vez maior que àquela observada no outono. A época de verão não diferiu significativamente das demais épocas avaliadas. No ano de 2017, houve efeito de interação entre tratamento e época do ano ($P<0,0001$), onde a maior área foliar por perfilho foi observada em pastos mantidos a 17 cm, com exceção da época de verão, onde o tratamento de 17 cm não diferiu significativamente dos pastos manejados a 17/7 cm. Além disso, de um modo geral, as maiores áreas foliares por perfilho foram observadas nas épocas de verão e outono, com exceção dos pastos manejados a 17/7 cm, onde o valor observado na época de verão foi 31,4% maior do que aquele observado no outono (Tabela 17).

Tabela 17 - Área foliar por perfilho em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

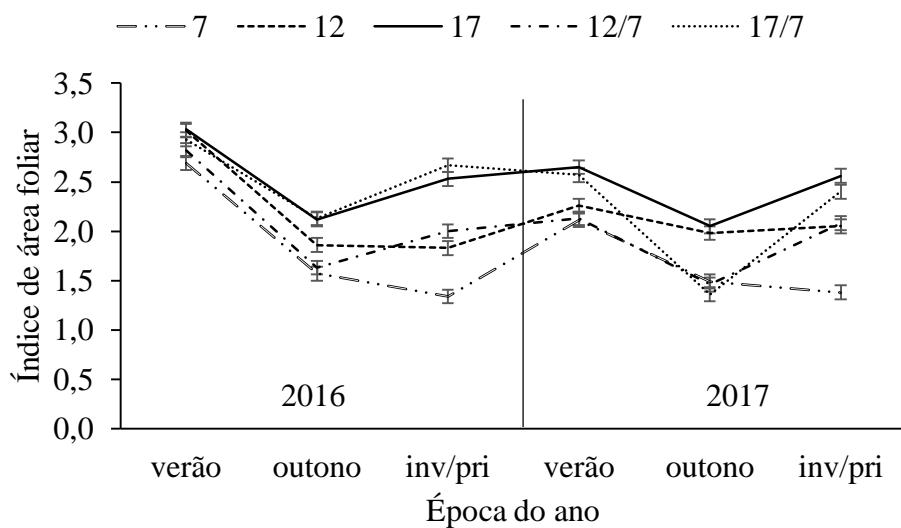
Época	2016					Média	EP		
	Tratamentos (cm)								
	7	12	17	12/7	17/7				
cm ²									
Verão	5,51	10,7	14,3	9,5	14,2	10,8 AB	0,4		
Outono	4,55	10,4	15,1	8,1	12,6	10,2 B	0,4		
Inv/Pri	8,09	11,3	17,2	7,6	14,4	11,7 A	0,4		
Média	6,0 d	10,8 b	15,5 a	8,4 c	13,7 a				
EP	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5				
2017									
Época	Tratamentos (cm)					Média	EP		
	7	12	17	12/7	17/7				
	cm ²								
Verão	7,4 Ac	14,2 ABb	20,6 Aa	13,2 Ab	19,8 Aa	15,1	0,3		
Outono	7,2 Ad	15,4 Ab	20,0 Aa	10,4 Ac	13,6 Bb	13,3	0,3		
Inv/Pri	8,7 Ab	11,7 Bb	15,0 Ba	10,9 Ab	10,0 Cb	11,3	0,3		
Média	7,8	13,8	18,5	11,5	14,5				
EP	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6				

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ($P<0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

O índice de área foliar variou em função do ano ($P<0,0001$). Tanto no ano de 2016 quanto no ano de 2017 houve efeito de interação entre tratamento e época do ano (($P=0,0036$ e $P<0,0001$), respectivamente). No ano de 2016, os tratamentos apresentaram valores similares de IAF dentro de cada época do ano, com exceção da época de inverno/primavera, a qual o IAF dos pastos manejados a 17 e 17/7 cm foi em média 30 e 49% maior do que aquele de pastos manejados a 12 e 7 cm, respectivamente. Além disso, independente do tratamento, os maiores IAFs foram observados durante o verão, com exceção dos pastos manejados a 17 e 17/7 cm, nos quais os IAFs visualizados nesse mesmo período não diferiram significativamente daqueles observados durante o inverno/primavera (Figura 6). Contudo, diferentemente do ocorrido no ano de 2016, em 2017, os IAFs observados no verão foram similares àqueles observados no inverno/primavera em praticamente todas as condições de manejo, com exceção dos pastos mantidos a 7 cm, onde o IAF observado nesse mesmo período foi 35% menor comparativamente àquele observado no verão. Além disso, durante a estação inverno/primavera o IAF do pasto mantido a 7 cm de altura foi em média 35 e 20% menor comparativamente àquele de pastos manejados a 17 e 17/7 cm e 12 e 12/7 cm (Figura 6).

Figura 6 - Índice de área foliar em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.

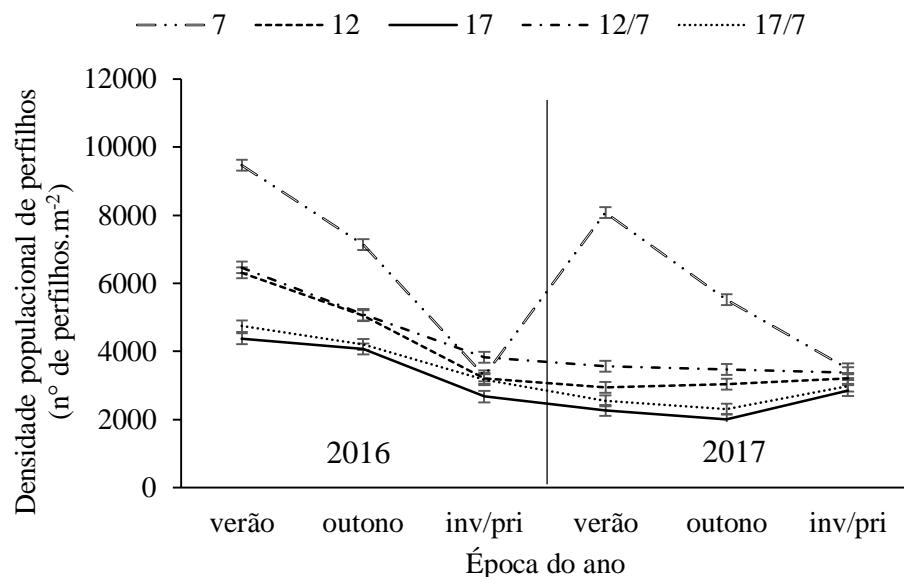


Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

6.4.4 Densidade populacional e porcentagem de perfilhos de cada espécie

A densidade populacional de perfilhos variou em função do ano ($P<0,0001$). Em ambos os anos de avaliação, 2016 e 2017, houve efeito de interação entre tratamento e época do ano ($P<0,0001$). Tanto no ano de 2016 quanto no ano de 2017 as maiores DPPs foram observadas nos pastos manejados a 7 cm, com exceção da época inverno/primavera, quando a DPP foi similar entre todos os tratamentos. Além disso, durante o ano de 2016, independente da condição de manejo, as menores DPPs foram observadas durante o inverno/primavera (Figura 7). Contudo, em 2017, os valores em DPPs foram similares entre as épocas do ano, com exceção dos pastos mantidos a 7 cm, onde a DPP contabilizada no verão foi 56,8% maior do que aquela observada durante o inverno/primavera (Figura 7).

Figura 7 - Densidade populacional de perfilhos em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação submetidos a alturas de manejo em diferentes épocas do ano durante os anos de 2016 e 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Embora não tenha sido realizada a análise estatística para a porcentagem de perfilhos de capim-quicuiu e festuca que compunham o cultivo associado, pôde-se notar o aumento acentuado da porcentagem de festuca em todos os tratamentos a partir do segundo ano de avaliação, com exceção dos pastos mantidos a 7 cm, onde a porcentagem de perfilhos observada no ano de 2017 foi similar àquela observada no ano anterior para todas as épocas do ano (Tabela 18). Além disso, a porcentagem de capim-quicuiu em pastos manejados mais altos (17 e 17/7 cm) foi reduzindo drasticamente ao longo do período experimental, onde no verão de 2017 a sua população já havia sido reduzida em 63 e 52 %, respectivamente aos tratamentos de 17 cm e 17/7 comparativamente a mesma época do ano anterior. Adicionalmente, a proporção de capim-quicuiu durante o período de inverno/primavera de 2017 representou em média menos de 5% da população total dos pastos manejados a 17 e 17/7 cm (Tabela 18).

Tabela 18 - Porcentagem de perfilhos de festuca (F) e de capim-quicuiu (Q) em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação e submetidos a cinco condições de manejo ao longo de dois anos de avaliação.

Época	2016									
	7		12		17		12/7		17/7	
	F	Q	F	Q	F	Q	F	Q	F	Q
%										
Verão	6	94	18	82	14	86	18	82	19	81
Outono	3	97	13	87	13	87	11	89	12	88
Inv/pri	64	36	91	9	95	5	89	11	86	14

Época	2017									
	7		12		17		12/7		17/7	
	F	Q	F	Q	F	Q	F	Q	F	Q
%										
Verão	8	92	65	35	68	32	51	49	61	39
Outono	10	90	39	61	47	53	34	66	47	53
Inv/pri	63	37	85	15	95	5	92	8	97	3

Fonte: Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

6.5 DISCUSSÃO

As alturas dos pastos permaneceram próximas das metas de manejo pretendidas durante todo o período experimental (Figura 2). No entanto, o rebaixamento pontual de outono, ao contrário da nossa hipótese, não alterou o acúmulo de forragem, uma vez que a produção dos pastos rebaixados foi similar àquela dos não rebaixados durante todo o período experimental (Figura 5A). Skinner e Nelson (1994) realizaram experimento em vasos com três tipos de populações de festuca e observaram que o rebaixamento das plantas por meio de corte promoveu incrementos populacionais, uma vez que maior quantidade e qualidade de luz, principalmente no comprimento do vermelho, chegou na base dos perfilhos (CASAL; DEREGIBUS; SÁNCHEZ, 1985; DEREGIBUS et al., 1983; TOYOTA et al., 2014). Contudo, em nosso experimento, parece que as alturas 12 e 17 cm não limitaram a entrada de luz na base do dossel, uma vez que a DPP de pastos rebaixados e não rebaixados conduzidos em mesma altura de manejo (comparando os tratamentos 12 com 12/7, e 17 com 17/7) continuaram ainda sendo similares após o rebaixamento outonal (Figura 7), o que possivelmente levou os pastos a apresentarem taxas de acúmulo de forragem similares entre si. Além disso, as geadas que ocorreram no outono/inverno (Tabela 1) eliminaram grande parte da área foliar do capim-quicuiu, possivelmente abrindo espaços para maior penetração de luz no interior do dossel e estimulando o perfilhamento da festuca. Vale ressaltar também que possivelmente a festuca não

seja tão sensível a estímulos luminosos, podendo o perfilhamento ser regulado por fatores hormonais (YEH et al., 1976) e de fotoperíodo (SAXENA et al., 2014).

Da Silva et al. (2013), trabalhando com *Brachiaria brizantha* (gramínea perene C₄) manejada sob lotação contínua, observaram que o acúmulo de forragem foi similar em pastos mantidos entre 10 e 40 cm de altura. Pontes et al. (2004) quantificaram o acúmulo de forragem em pastos de azevém anual (gramínea anual C₃) manejados sob lotação contínua também usando a técnica de gaiolas de exclusão, e observaram que o acúmulo de forragem também foi similar em pastos manejados entre 5 e 20 cm de altura. No entanto, nesse mesmo experimento, de forma concomitante, o acúmulo de forragem também foi quantificado por meio da técnica de perfis marcados (CARRÈRE; LOUAULT; SOUSSANA, 1997), sendo que por meio dessa metodologia, pastos mantidos em 5 cm de altura acumularam menos forragem do que os demais tratamentos. Parsons, Collet e Lewiss (1984) já haviam alertado sobre as possíveis limitações da técnica de gaiolas de exclusão para se estimar acúmulo de forragem sob lotação contínua, uma vez que a produção de forragem em pastos mantidos mais baixos pode ser superestimada. Possivelmente, isso justifique em nosso experimento pastos mantidos a 7 cm de altura apresentarem o mesmo acúmulo de forragem que os demais tratamentos.

Por outro lado, outros pesquisadores têm justificado o porquê de pastos manejados mais altos apresentarem acúmulos de forragem similares dentro de uma faixa de variação em altura e IAF. Como, por exemplo, no trabalho de Bircham e Hodgson (1983), isso é justificado por meio da existência de mecanismos homeostáticos a partir das quais as mudanças compensatórias em densidade populacional das espécies e fluxo de tecidos em plantas individuais combinam-se entre si para manter relativamente constante a produção líquida de forragem ao longo de uma faixa de IAF. Por sua vez, Sbrissia et al. (2018) justificaram à similaridade de produção líquida de forragem ao longo de uma faixa de variação em altura por meio das diferenças de respostas existentes entre as taxas de acúmulo bruto e as taxas de senescência foliar em função de incrementos em IAF. Isto é, enquanto o acúmulo bruto aumenta a taxas cada vez menores com os incrementos em IAF, as taxas de senescência foliar respondem linearmente. Importante ressaltar que os dados de acúmulo de forragem de Bircham e Hodgson (1983) foram obtidos por meio da técnica de avaliações em plantas individuais. Além disso, os pastos foram formados por um cultivo associado entre duas gramíneas hibernais (uma perene, *Lolium perenne*, e a outra anual, *Poa annua*) e uma leguminosa hibernal (*Trifolium repens*). Já Sbrissia et al. (2018), trabalharam com uma gramínea perene estival (capim-quicuiu) e os dados de acúmulo foram obtidos pela técnica da diferença de massas em pré e pós-pastejo, uma vez que o método de lotação utilizado foi o de lotação intermitente. Logo, parece que o padrão de

resposta observado em nosso estudo para o acúmulo de forragem em pastos manejados mais altos está alinhado com o proposto por Bircham e Hodgson (1983), e que também possivelmente esteja diretamente conectado com Sbrissia et al. (2018), visto que pastos manejados em 12, 12/7, 17 e 17/7 cm apresentaram acúmulo líquido de forragem similar entre si. Portanto, parece que as interações entre a densidade populacional de plantas e fluxo de tecidos em perfis individuais também atua de forma similar em cultivos associados entre gramíneas perenes e fisiologicamente distintas (C_3 e C_4).

Em relação as épocas do ano, o padrão de resposta do acúmulo de forragem diferiu entre os anos de 2016 e 2017 (Figuras 5B e 5C). No ano de 2016, a maior taxa de acúmulo de forragem observada na época de inverno/primavera foi decorrente da adubação nitrogenada realizada entre os meses de maio a setembro (Tabela 2). Contudo, em 2017, apesar da adubação nitrogenada ser realizada nesse mesmo período, as elevadas temperaturas e o déficit hídrico ocorridos entre os meses de julho e setembro (Figura 1) limitaram a produção de forragem durante o inverno/primavera, o que resultou em uma produção similar àquela observada no verão (Figura 5C). Os processos ontogênicos das plantas forrageiras são diretamente influenciados por fatores abióticos, de modo que todos os processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento são reduzidos quando esses fatores se tornam limitantes (BARRE; TURNER; ESCOBAR-GUTIÉRREZ, 2015).

Também vale ressaltar que, apesar da similaridade do acúmulo de forragem observada nas épocas de verão entre os anos de avaliação, os seus valores foram originados por mecanismos distintos. Enquanto que no ano de 2016 a produção de forragem dos pastos foi basicamente definida pelo acúmulo de capim-quicuiu (uma vez que esse representou cerca de 84 % da massa de forragem do pasto), em 2017 a produção foi assegurada principalmente pelo acúmulo de festuca (que compunha 64% da massa de forragem) (Tabela 16). Uma possível explicação para isso surge por meio de características intrínsecas ligadas à festuca, uma vez que essa planta, por ser fundamentalmente definida como estresse-tolerante, possui grande capacidade de tolerar estresses abióticos (elevada temperatura e radiação). Além disso, vale ressaltar que o acúmulo de forragem observado durante o verão de 2016 foi relativamente modesto, uma vez que o capim-quicuiu quando adubado pode apresentar produções muito acima daquelas registradas neste experimento, conforme observado por Swanepoel et al. (2016).

A resposta do dossel forrageiro a um manejo particular pode envolver mudanças na comunidade vegetal (densidade populacional de perfis), nos indivíduos que a compõe (fluxo de tecidos em cada perfil) ou até mesmo na interação entre esses fatores (BIRCHAM;

HODGSON, 1983). Nesse sentido, pastos conduzidos em diferentes condições de manejo podem apresentar IAFs similares desde que os ajustes em DPPs e área foliar média por perfilho sejam efetivos. Em nosso experimento, os valores em IAF observados durante as épocas de verão e outono no ano de 2016 (Figura 6) foram similares entre os tratamentos, uma vez que a redução da área foliar média por perfilho (Tabela 17) em função da redução da altura de manejo do pasto foi compensada pelo aumento em DPP (Figura 7). Contudo, em situações onde os ajustes em DPP e área foliar média por perfilho são menos eficientes, a variação nos valores em IAF entre diferentes condições de manejos passam a ser mais perceptíveis. Como, por exemplo, a redução abrupta em DPP observada no outono de 2016 decorrente da morte de perfilhos de capim-quicuiu em função da ocorrência de geadas (Tabela 1) (principalmente nos tratamentos de 7, 12 e 12/7 cm, onde o quicuiu representava em média em torno de 86% da população do cultivo associado) (Tabela 18), não foi compensada pelos picos de aparecimento de perfilhos de festuca ocorridos entre junho e agosto (Tabela 5), adubação nitrogenada (Tabela 1) e ajustes em área foliar média por perfilho (Tabela 17), o que levou os pastos mantidos em 7 e 12 cm a apresentarem o menor IAF durante a época de inverno/primavera desse mesmo ano.

No ano de 2017, o padrão de resposta do IAF em função da condição de tratamento foi diferente daquele observado no ano de 2016, especialmente durante as épocas de verão e outono (Figura 6). A divergência observada entre os anos de avaliação pode estar associada com a alteração da proporção das espécies (capim-quicuiu e festuca) (Tabela 18) que compunha cada tratamento, e, portanto, pode ter alterado a magnitude da resposta entre os fatores (DPP e área foliar média por perfilho) que regulam o IAF do pasto. Além disso, os maiores IAF observados nos tratamentos de 17 e 17/7 cm durante o período de inverno/primavera foram decorrentes da combinação entre as menores perdas em DPP em consequência de geadas, uma vez que esses pastos foram constituídos por uma menor proporção de capim-quicuiu (Tabela 18), e da melhor resposta nos ajustes em DPP e área foliar média por perfilho (Figura 7 e Tabela 17). É importante ressaltar que aumentos lineares em IAF não resultam em aumentos proporcionais em acúmulo líquido de forragem (BIRCHAM; HODGSON, 1983; SBRRISSIA et al., 2018), uma vez que as folhas mais novas surgidas gradualmente sombreiam as mais velhas (WÜNSCHE, 2000) e, consequentemente, as tornam menos eficientes fotossinteticamente (NIINEMETS et al., 2006), reduzindo, portanto, a capacidade fotossintética aparente do dossel forrageiro (FENG et al., 2016).

Os rebaixamentos outonais realizados no mês de maio modificaram a massa de forragem dos pastos excepcionalmente na época de inverno/primavera, quando os pastos manejados a 12/7 e 17/7 cm apresentaram uma redução média em torno de 19 e 25% comparativamente aos

pastos mantidos a 12 e 17 cm em ambos os anos de avaliação (Tabela 12). No entanto, apesar de ter reduzido a massa de forragem, o rebaixamento outonal impactou de forma positiva na composição botânica, uma vez que houve um incremento médio na porcentagem de folhas de 24% no ano de 2016 e 21% no ano de 2017 (Tabela 13), e redução na porcentagem de material morto de 15% no ano de 2016 e 17% no ano de 2017 comparativamente aos pastos não rebaixados (12 e 17 cm) (Tabela 15). Em um primeiro momento, o rebaixamento outonal parece ser uma alternativa extremamente viável, pois apesar de reduzir a massa total de forragem dos pastos, ele aumentou a porcentagem de folhas no período de inverno/primavera seguinte e reduziu a proporção de M.M. sem modificar o acúmulo de forragem. Contudo, o tempo transcorrido entre o rebaixamento dos pastos até o reestabelecimento de suas alturas foi de 90 e 120 dias, respectivamente para os pastos manejados a 12/7 e 17/7 cm (Figura 2). Nesse sentido, esse procedimento poderia não ser interessante de ser executado dentro de sistemas de criação animal baseado em pasto, uma vez que o longo tempo transcorrido entre o rebaixamento outonal e o próximo pastejo faria com que a área ficasse ociosa por um longo período.

Em relação à época do ano, as menores porcentagens de folha e as maiores porcentagens de M.M. observadas durante o outono de 2016 (Tabelas 13 e 15) podem ser justificadas por meio do efeito combinado da redução da produção de capim-quicuiu, limitada pela baixa disponibilidade de fatores de crescimento (Figura 1) e ocorrência de geadas (Tabela 1), e a pequena contribuição da festuca com a massa de folhas do pasto, uma vez que a mesma se encontrava no início do processo de crescimento. No ano de 2017, a porcentagem de folhas seguiu o mesmo padrão observado no ano anterior. No entanto, a porcentagem de M.M. no outono foi similar àquela observada no inverno/primavera, com exceção dos pastos rebaixados no outono (Tabelas 13 e 15). A similaridade não se deve aos incrementos da proporção de M.M. observados durante a época inverno/primavera, mas sim das reduções ocorridas durante o outono. Logo, a divergência no padrão de resposta entre os anos 2016 e 2017 pode ser justificada por meio da variação da porcentagem de capim-quicuiu que compunha os pastos (Tabela 16). Por exemplo, ao comparar a porcentagem em massa de forragem de capim-quicuiu no outono de 2016 com aquela registrada no outono de 2017, pode ser observado que houve uma redução média aproximada de 41% (Tabela 16). Nesse sentido, se há 41% menos capim-quicuiu compondo os pastos, é cabível esperar que a porcentagem de tecidos senescidos e mortos em função de geadas também seja menor. Portanto, isso possivelmente justifique a similaridade para a porcentagem de M.M. entre as épocas outono e inverno/primavera observada no ano de 2017. Além disso, a menor porcentagem de colmos observada durante o inverno/primavera também pode ser justificada pela redução da porcentagem de capim-quicuiu

que compunha os pastos, uma vez que a fração colmo é proporcionalmente menor em gramíneas C₃ do que em gramíneas C₄ considerando-se a mesma massa de forragem.

6.6 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

O rebaixamento de outono não altera o acúmulo de forragem em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cv. Rizomat cultivados em associação manejados em alturas entre 12 e 17 cm.

O modelo teórico proposto por Parsons et al. (1988) destaca as similaridades das taxas médias de crescimento em pastos submetidos a lotação continua ou intermitente por meio de comparações das taxas de crescimento usando alguma base comum como, por exemplo, o IAF médio. Segundo os mesmos autores, o acúmulo de forragem poderia ser similar entre os métodos de lotação, contínua e intermitente, dentro de uma faixa de metas de manejo desde que as combinações entre IAF pré e pós-pastejo, isto é, IAF médio, fosse similar a uma mesma faixa de IAF recomendado em lotação contínua. Nesse sentido, Sbrissia et al. (2018), trabalhando com pastos de capim-quicuiu submetidos a lotação intermitente utilizando alturas pré-pastejo de 10, 15, 20 e 25 cm combinadas com alturas residuais pós-pastejo equivalente a 50% das alturas pré-pastejo, observaram que pastos manejados em 10/5 cm acumularam menos forragem do que os demais tratamentos. Utilizando o mesmo raciocínio de Parsons et al. (1988), se fizermos a média das alturas de pré e pós-pastejo do tratamento 10/5 cm de Sbrissia et al. (2018) chegaríamos em um valor em torno de 7,5, o que praticamente equivaleria ao nosso tratamento de 7 cm. O mesmo aconteceria se a base de comparação fosse o IAF. Por exemplo, se calcularmos a média referente aos valores de IAF observados em pastos mantidos a 7 cm durante as épocas de verão e outono dos dois anos de avaliação (épocas onde a população de capim-quicuiu representava mais de 90% da população total), (Tabela 18), chegaríamos ao valor médio de 1,96, que é o mesmo valor observado por Sbrissia et al. (2018). Contudo, não há como extrapolar essa comparação para os demais tratamentos, uma vez que a proporção de capim-quicuiu em nosso experimento foi intensamente reduzida à medida que se aumentou a altura de manejo dos pastos, principalmente a partir do início do segundo ano de avaliação. Logo, em função do que foi exposto, é plausível de se pensar que o acúmulo de forragem observado nos pastos mantidos a 7 cm em nosso experimento não representa o acúmulo real ocorrido no campo, e, portanto, seu valor somente se equiparou aos demais tratamentos em função das superestimativas geradas a partir do uso de gaiolas de exclusão. Além disso, dentro

de sistemas de produção, pastos manejados a 7 cm não são indicados para uso, uma vez que penalizam a produção animal por meio da redução de consumo (SCHMITT, 2016).

Outro ponto relevante está relacionado com a seleção exercida pelos animais em pastejo. Mesmo após três anos de condução do experimento ainda haviam pequenas áreas dentro de algumas unidades experimentais onde uma espécie se destacava em relação a outra como, por exemplo, algumas áreas com predomínio de capim-quicuiu sem a presença de festuca e outras de festuca sem a presença capim-quicuiu. Nesses locais ficava muito claro a preferência dos animais em pastejar capim-quicuiu à festuca. Isso ainda ficava mais evidente durante a época de verão e em tratamentos mais lenientes, visto que o tecido foliar da festuca apresentava ser velho e extremamente fibroso (observações visuais) e, portanto, preterido pelos animais. Seguindo essa linha de raciocínio, o médio e longo prazo, muito provavelmente o cultivo associado entre capim-quicuiu e festuca manejado em alturas lenientes tornar-se-ia um monocultivo de festuca, uma vez que o capim-quicuiu iria ser muito mais frequentemente pastejado, e, portanto, a festuca acabaria dominando a área. Em nosso trabalho, pôde ser observado alguns indícios de que isso ocorreria em um futuro próximo por meio da visualização da porcentagem das espécies (Tabela 16), onde nos tratamentos mais lenientes (17 e 17/7 cm), ao final do período experimental (época de inverno/primavera), a porcentagem de capim-quicuiu representava menos que 5% da população total.

Nesse sentido, seria interessante pensar em estratégias que reduzissem a capacidade de competição exercida pela festuca, principalmente durante o período mais crítico para o capim-quicuiu, que é o final da primavera, quando ocorre a retomada do crescimento do capim-quicuiu. A redução da competição, por exemplo, poderia ser realizada por meio de distúrbio promovidos na festuca, por meio de rebaixamentos pontuais dos pastos em meados da primavera, visto que essa planta, por ser funcionalmente definida como estresse-tolerante (GRIME, 1977), tem dificuldades em se adaptar nesse tipo de cenário. Outra alternativa para o incremento populacional do capim-quicuiu seria a utilização de adubações nitrogenadas realizadas durante o período estival, uma vez que, possivelmente, estimularia seu crescimento, visto que essa planta é altamente responsiva ao nitrogênio (MEARS; HUMPHREYS, 1974). Contudo, essas hipóteses precisam ser testadas em outros trabalhos.

6.7 REFERÊNCIAS

AGUINAGA, A. A. Q. et al. Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.9, p.1523-1530, 2008.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BARRE, P.; TURNER, L. B.; ESCOBAR-GUTIÉRREZ, A. J. Leaf length variation in perennial forage grasses. **Agriculture**, Basel, v. 5, p. 682–696, 2015.

BIRCHAM, J. S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, [S.I.], v. 38, p. 323-331, 1983.

CASTRO, L. M. et al. Produção de forragem e composição estrutural de pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés manejados em diferentes alturas de pastejo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, p. 4145-4156, p. 2013.

CARRÈRE, P.; LOUAULT, F.; SOUSSANA, J. F. Tissue turnover within grass-clover mixed sward razed by sheep. Methodology or calculating growth, senescence and intake fluxes. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 34, n. 2, p. 333-348, 1997.

CARVALHO, P. C. et al. Característica produtiva e estrutural de pastos mistos de aveia e azevém manejados em quatro alturas sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.9, p. 1857-1865, 2010.

CASAL, J.J.; DEREGIBUS, V. A.; SÁNCHEZ, R. A. Variations in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam. Vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far-red irradiation. **Annals of Botany**, Oxford, v. 56, p. 553-559, 1985.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

COSTA, D. I. et al. Caracterização morfofisiológica e agronômica de *Paspalum dilatatum* Poir. biótipo virasoro e *Festuca arundinacea* Schreb. 2. Disponibilidade de forragem e valor nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.5, p.1061-1067, 2003.

DA SILVA, S. C. et al. Grazing behavior, herbage intake and animal performance of beef cattle heifers on marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 151, p.727-139, 2013.

DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 82, p. 165-172, 1974.

DEREGUBUS, V. A. et al. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, [S.l.], v. 72, p. 900-902, 1983.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Brazilian system of soil classification**. 2nd ed. EMBRAPA solos, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

FENG, G. et al. Relationship between plant canopy characteristics and photosynthetic productivity in diverse cultivars of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **The Crop Journal**, [S.l.], v. 4, p. 499-508, 2016.

FLARESSO, J. A. et al. Introdução e avaliação de gramíneas perenes de inverno no alto vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 875-880, 1997.

FRANZLUEBBERS, A. J.; SEMAN, D.H.; STUEDEMANN, J.A. Forage dynamics in mixed tall fescue–bermudagrass pastures of the Southern Piedmont USA. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [S.l.], v. 168, p. 37-45, 2013.

GIBSON, D. J.; NEWMAN, J. A. *Festuca arundinacea* Schreber (*F. elatior* L. ssp. *arundinacea* (Schreber) Hackel). **Journal of Ecology**, London, v. 89, p. 304-324, 2001.

GRIME, J. P. Evidence for existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American Naturalist**, Chicago, v. 111, n. 982, p. 1669-1194, 1977.

MEARS, P. T.; HUMPHREYS, L. R. Nitrogen response and stocking rate of *Pennisetum clandestinum* pastures. **Journal of Agricultural Science**, Wollongbar, v. 83, p. 451-467, 1974.

MITCHELL, K. J. Influence of light and temperature on the growth of ryegrass (*Lolium* spp.) ii. The control of lateral bud development. **Physiologia Plantarum**, [S.l.], vol. 6, 1953.

NEUMANN, M. et al. Produção de forragem e custo de produção da pastagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L.), fertilizada com dois tipos de adubo, sob pastejo contínuo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n. 2, p. 215-220, 2005.

NIINEMETS, U. et al. Complex adjustments of photosynthetic potentials and internal diffusion conductance to current and previous light availabilities and leaf age in Mediterranean evergreen species *Quercus ilex*. **Plant, Cell and Environment**, [S.l.], v. 29, p. 1159-1178, 2006.

SWANEPOEL, P. A. et al. Tillage effects, soil quality and production potential of kikuyu-ryegrass pastures in South Africa. **Grass and Forage Science**, [S.l.], v. 72, p. 308-321, 2016.

PARSONS, A. J.; COLLET, B.; LEWISS, J. Changes in the structure and physiology of a perennial ryegrass sward when released from a continuous stocking management: implications for the use of exclusion cages in continuously stocked swards. **Grass and Forage Science**, [S.l.], v. 39, p. 1-9, 1984.

PARSONS, A. J.; JOHNSON, I. R.; HARVEY, A. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, [S.l.], v. 43, p. 49–59, 1988.

PINTO, L. F. M. et al. Dinâmica do acúmulo de matéria seca em pastagens de Tifton 85 sob pastejo. **Scientia Agricola**, São Paulo, v.58, n.3, p.439-447, 2001.

PONTES, L. S. et al. Fluxo de biomassa em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.3, p.529-537, 2004.

ROMAN, J. et al. Características produtivas e perdas de forragem em pastagem de azevém com diferentes massas de forragem. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.16, n.1-4, p.109-115, 2010.

SAXENA et al. Photoperiod and temperature effects on rhizome production and tillering rate in tall fescue [*Lolium arundinaceum* (Schreb.) Darby]. **Crop Science**, Chicago, v. 54, 1205-1210, 2014.

SBRISSIA, A. F. et al. Defoliation strategies in pastures submitted to intermittent stocking method: underlying mechanisms buffering forage accumulation over a range of grazing heights. **Crop Science**, Chicago, v. 58, p. 1-10, 2018.

SCHMITT, D. **Consumo de forragem por bovinos em pastos de capim-quicuiu sob lotação intermitente.** 2016. 74 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2016.

SKINNER, R. H.; NELSON, C. J. Effect of tiller on phyllochron and tillering regulation during tall fescue development. **Crop Science**, Chicago, v. 34, p. 1267-1273, 1994.

TOYOTA, M. et al. Tillering responses to high red/ far-red ratio of four Japanese wheat cultivars. **Plant Production Science**, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 124-130, 2014.

WOLFINGER, R. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics-Simulation and Computation**, [S.l.], v. 22, n. 4, p. 1079-1106, 1993.

WÜNSCHE, J. N. The relationship between leaf area and light interception by spur and extension shoot leaves and apple orchard productivity. **Horticultural Science**, [S.l.], v. 35, n. 7, p. 1202-1206, 2000.

YEH, R. Y.; MATCHES, A. G.; LARSON, R. L. Endogenous growth regulators and summer tillering of tall fescue. **Crop Science**, Chicago, v. 16, p. 409-413, 1976.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta tese indicam que é possível o cultivo associado entre duas gramíneas perenes de vias metabólicas fotossintéticas [*Pennisetum clandestinum* (C₄) e *Festuca arundinacea* (C₃)] e grupos funcionais diferentes (competidoras e estresse-tolerantes). A festuca por ser funcionalmente definida como planta do tipo estresse-tolerante apresenta crescimento e estabelecimento inicial muito lento. Nesse sentido, deve-se reduzir a competição interespecífica durante o primeiro ano de implantação como, por exemplo, por meio da adoção de manejos mais lenientes.

Por meio dos dados demográficos do perfilhamento nota-se que o capim-quicuiu e a festuca apresentam mecanismos distintos de persistência. Enquanto que o capim-quicuiu necessita da renovação constante de sua população, uma vez que é caracterizado por apresentar baixas taxas de sobrevivência de perfilhos, a persistência da festuca é assegurada por meio de altas taxas de sobrevivência de perfilhos. Além disso, as gerações de perfilhos de festuca surgidas em junho, julho e agosto são fundamentais para a manutenção da população até o inverno do próximo ano. Apesar de ser possível a coexistência entre o capim-quicuiu e a festuca dentro das condições de manejos propostas, é importante ressaltar que a população de capim-quicuiu ao final do segundo ano de avaliação compunha menos de 6% da população total de perfilhos em pastos manejados em 12, 12/7, 17 e 17/7 cm. Contudo, nos pastos manejados a 7 cm, o capim-quicuiu foi a espécie dominante, uma vez que a festuca não tolera este tipo de condição.

Em relação a produção de forragem, verificou-se que os pastos produziram similarmente, independente da condição de manejo utilizada. Contudo, vale ressaltar que dentro de sistemas de produção, pastos manejados a 7 cm não são indicados para uso, uma vez que penalizam a produção animal por meio da redução de consumo. Além disso, outro ponto relevante está relacionado com a seleção exercida pelos animais em pastejo. Verificou-se que os animais preferiam pastejar o capim-quicuiu à festuca. Isso ficou ainda mais evidente, em pastos manejados a 17 cm, uma vez que os tecidos foliares apareciam ser velhos e extremamente fibrosos.

Por fim, os dados sugerem que é possível a coexistência entre o capim-quicuiu e a festuca. Contudo, para que estas plantas persistam conjuntamente a médio e longo prazo, é imprescindível que o capim-quicuiu seja adubado (adubação nitrogenada), uma vez que esta espécie perde persistência em ambientes pouco férteis.