

FÁBIO LUÍS WINTER

**DINÂMICA DO PERFILHAMENTO EM PASTOS DE CAPIM-QUICUIU
E FESTUCA CULTIVADOS EM ASSOCIAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, Área de Concentração: Fisiologia e Manejo de Plantas.

Orientador: Dr. André Fischer Sbrissia.

**LAGES – SC
2019**

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

Winter, Fábio Luís

Dinâmica do perfilhamento em pastos de capim-quicuiu e
festuca cultivados em associação / Fábio Luís Winter. -- 2019.

74 p.

Orientador: André Fischer Sbrissia

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

1. Estabilidade produtiva. 2. Gramíneas forrageiras. 3. Manejo primaveril. I. Sbrissia, André Fischer. II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. III. Título.

FÁBIO LUÍS WINTER

**DINÂMICA DO PERFILHAMENTO EM PASTOS DE CAPIM-
QUICUIU E FESTUCA CULTIVADOS EM ASSOCIAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, Área de Concentração: Fisiologia e Manejo de Plantas.

Banca examinadora:

Orientador:

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

Membro:

Dr. Tiago Celso Baldissera
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI

Membro:

Dra. Kelen Cristina Basso
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Lages, 20 de fevereiro de 2019

Dedico essa dissertação aos meus pais José e Neli, e da mesma forma, dedico à minha irmã Franciéle, por todo o carinho e apoio concedido.

Ofereço a toda minha família e àqueles que de alguma forma contribuíram para a materialização deste manuscrito.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, e por ter me oportunizado esse caminho.

Sou grato a minha família, que não mediram esforços em me encorajar a seguir qualquer caminho, sempre oferecendo o mais genuíno amor e carinho.

Serei eternamente grato a minha irmã, Franciéle, pela amizade, amor, dedicação e contribuição que demonstrou durante toda minha vida, sempre me guiando nas melhores escolhas e buscando me lapidar humanitária e profissionalmente.

Agradeço em especial ao meu orientador André Fischer Sbrissia, pelos ensinamentos passados, paciência e dedicação na construção desta etapa, assim como pela amizade construída.

Agradeço à UDESC e ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal pela oportunidade.

Agradeço aos professores, técnicos administrativos e pessoas envolvidas em qualquer etapa da realização das atividades de ensino e pesquisa.

Agradeço aos meus amigos que aqui fiz, pelo apoio e incentivo, Tiago (Miquéias), Pablo, Lucas (Lubi), Guilherme (Guidão) e Eduardo (Japa) que desempenharam papel fundamental durante todo esse percurso.

Agradeço ao grupo NUPEP pelo acolhimento, ensinamentos e toda a colaboração durante todo o mestrado.

Agradeço aos colegas Tiago e Paulo pelos conselhos e ensinamentos compartilhados.

Agradeço aos amigos e colaboradores que auxiliaram e desempenharam papel fundamental para a materialização desse manuscrito, seja em auxílio físico, emocional ou amizade construída: Tiago, Pablo, Lucas, Eduardo (Japa), Guilherme, Paulo, Hactus, Samira, Dináh, Laís, Daniella, Rafaella, Roberto, Geórgia, Luís, Maurício, Eduardo (Xixofe), Emiliano, Alexandre, Lucas, Muriá, Angela, Alechandro (Alemão), Paulo, Daniel, Lorena, Nêmora, Franciele, Clóvis, Dimas, Márcia, Angélica, Cauby, Charline, Mariana, Tia Ira, Tatiane.

Agradeço a FAPESC e a CAPES pela concessão de bolsa e financiamento das atividades.

Agradeço a todos que auxiliaram direta ou indiretamente para a concretização desse manuscrito.

“Investir em conhecimento rende sempre os melhores juros”
Benjamin Franklin

*“Um dia vai, outro chega, é esta a jornada...
Começa outro caminho, se um chega ao fim...
E em cada mate que cevo na madrugada
O velho sábio se acorda dentro de mim.”*
Rodrigo Bauer/Joca Martins

RESUMO

WINTER, Fábio Luís. **Dinâmica do perfilhamento em pastos de capim-quicuiu e festuca cultivados em associação**. 2019. 78p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Fisiologia e Manejo de Plantas). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Lages, 2019.

Em regiões de clima subtropical a utilização de gramíneas perenes estivais e hibernais podem ser uma alternativa para garantir produção de forragem praticamente todo o ano. No entanto, quando cultivadas em associação, o manejo deve favorecer a persistência das espécies no sistema. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi testar a hipótese que estratégias de manejo do pastejo modulam a dinâmica populacional em pastos de capim-quicuiu e festuca cultivados em associação. Foram implantados quatro tratamentos em um delineamento em blocos completos casualizados, em esquema fatorial (2 x 2), com três repetições. Os tratamentos eram compostos de duas alturas de manejo: 15 e 20cm de altura em pré pastejo (fator A) e duas estratégias de manejo primaveril: rebaixamento ou não dos pastos à um resíduo de 6cm (fator B) aplicado uma única vez em meados de novembro. A severidade de desfolha empregada foi a remoção de 40% da altura inicial (resíduos de 9 e 12 cm, para os tratamentos de 15 e 20cm, respectivamente). Para quantificar a densidade populacional de perfilhos (DPP), índice de área foliar (IAF), massa de forragem (MF) e peso médio por perfilho (PMP) utilizou-se de amostras de pasto coletadas em 3 pontos com tamanho unitário de 0,24m². A demografia do perfilhamento foi obtida através da contagem do número de perfilhos surgidos e mortos em cada mês durante todo o período experimental em anéis com área de 0,0314m², por meio do qual foram calculadas as taxas de aparecimento e mortalidade de perfilhos, bem como o índice de estabilidade (IE) do pasto. O rebaixamento dos pastos na primavera favoreceu a recuperação da DPP do capim-quicuiu no verão, com aumentos em massa de forragem e IAF, enquanto que para a festuca, houve aumentou na DPP durante o inverno nos pastos rebaixados. Pastos manejados com 15cm apresentaram maior população de perfilhos independente do manejo primaveril de rebaixamento dos pastos. A festuca apresenta um padrão de perfilhamento reduzido durante o verão, com emissão de novos perfilhos no período hibernal, e se caracterizou por gerações mais longevas, enquanto que o capim-quicuiu apresentou uma maior taxa de aparecimento durante o verão, com gerações pouco longevas. Esses dois padrões distintos de perfilhamento remeteram a uma instabilidade populacional transitória em meados de março e outro após os eventos de geadas, a qual foi rapidamente contornado pelo aumento populacional da festuca. Pastos rebaixados apresentaram maior participação do capim-quicuiu no verão, sem comprometer o perfilhamento da festuca no inverno seguinte. O manejo de rebaixamento dos pastos na primavera se mostrou uma ferramenta eficaz para favorecer a persistência de uma mistura formada por festuca e capim-quicuiu.

Palavras-chave: Estabilidade produtiva. Gramíneas forrageiras. Manejo primaveril.

ABSTRACT

WINTER, Fábio Luís. **Tillering dynamics in kikuyu and tall fescue grass swards cultivated in association.** 2019. 78p. Dissertation (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Fisiologia e Manejo de Plantas). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Lages, 2019.

In regions of subtropical climate the use of warm and cool season perennial grasses may be an alternative to maintain forage production practically during all the year. However, when grown in association, the management practices should favor the persistence of the species in the system. Therefore, the objective of this work was to test the hypothesis that grazing management strategies modulate the population dynamics in kikuyu and tall fescue pastures cultivated in association. Four treatments were implemented in a randomized complete block design, in a factorial scheme (2 x 2), with three replications. The treatments were composed by two pre- grazing heights: 15 and 20 cm (factor A) and two strategies of spring management: grazing or not the pasture to a residue of 6 cm (factor B) applied only once in the mid November. The severity of defoliation used was the removal of 40% of the initial height (residues of 9 and 12 cm, for treatments of 15 and 20 cm, respectively). In order to quantify tiller population density (TPD), leaf area index (LAI), forage mass and average weight per tiller (TW), forage samples were collected at 3 points in a 0.24 m² quadrat. The tillering demography was obtained by counting, in a monthly basis, the number of new and dead tillers in rings with an area of 0.0314 m², through which the tiller appearance and mortality rates were calculated, as well as the stability index (SI) of the pasture. The lowering of pastures in the spring favored the recovery of the kikuyu grass in summer, with increases in forage mass and LAI, whereas for the tall fescue, there was an increase in TPD during the winter in the spring lowered grasses. Pastures managed with 15 cm show a larger tiller population independent of the spring management of pasture. The tall fescue presented a reduced tillering pattern during the summer, with the emission of new tillers in the winter period, and was characterized by longer-lived tillers, whereas kikuyu grass presented a higher rate of appearance of tillers during the summer, but with shorter-lived ones. These two distinct patterns of tillering led to transient population instability in mid-March and another following frost events, which was quickly circumvented by the winter population recovery of tall fescue. Spring hard grazing increased kikuyu grass population in the summer, without compromising the tillering of the tall fescue in the following winter. Spring hard grazing of the pastures proved to be an effective tool to favor the persistence of a mixture composed by tall fescue and kikuyu grass swards.

Keywords: Production stability. Forage grasses. Spring management.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Densidade populacional de perfilhos (DPP; perfilhos.m ⁻²), massa de forragem (MF; kg.MS.ha ⁻¹), peso médio por perfilho (PMP; mg) e índice de área foliar (IAF) de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação, submetidos à lotação intermitente, com duas alturas de manejo em pré-pastejo (15 e 20 cm) e duas estratégias de manejo primaveril (rebaixamento ou não dos pastos).....	46
Tabela 2 – Massa de forragem de festuca no verão em pastos de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação, submetidos à lotação intermitente, com duas alturas de manejo em pré-pastejo (15 e 20 cm) e duas estratégias de manejo primaveril (rebaixamento ou não dos pastos).....	46
Tabela 3 – Peso médio por perfilho (PMP) de capim-quicuiu no verão em patos de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação, submetidos a lotação intermitente, com duas alturas de manejo em pré-pastejo (15 e 20 cm) e duas estratégias de manejo primaveril (rebaixamento ou não dos pastos).....	47
Tabela 4 – Índice de área foliar de festuca no inverno em pastos de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação, submetidos a lotação intermitente, com duas alturas de manejo em pré-pastejo (15 e 20 cm) e duas estratégias de manejo primaveril (rebaixamento ou não dos pastos)	48

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Precipitação pluviométrica e temperatura média (mensais e históricas de 85 anos) da cidade de Lages, Santa Catarina, Brasil. Fonte: Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina CIRAM/EPAGRI.....39
- Figura 2 – Média das alturas em pré-pastejo em pastos de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação, submetidos a lotação intermitente, com duas alturas de manejo em pré-pastejo (15 e 20cm) e duas estratégias de manejo primaveril (rebaixamento ou não dos pastos).....45
- Figura 3 – Demografia do perfilhamento em pastos de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação, submetidos a lotação intermitente, com duas alturas de manejo em pré-pastejo (15 e 20cm) e duas estratégias de manejo primaveril (rebaixamento ou não dos pastos)50
- Figura 4 – Taxa de aparecimento (Tap) e taxa de mortalidade (Tmp) de perfilhos e índice de estabilidade (IE) em pastos de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação, submetidos a lotação intermitente, com duas alturas de manejo em pré pastejo (15 e 20cm) e duas estratégias de manejo primaveril (rebaixamento ou não dos pastos)....52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1	ESPÉCIES UTILIZADAS	23
2.1.1	Capim-quicuiu	23
2.1.2	Festuca	24
2.2	PERFILHAMENTO.....	25
2.2.1	O perfilho	25
2.2.2	Fatores que afetam o perfilhamento	26
2.2.2.1	Temperatura	26
2.2.2.2	Luz	27
2.2.2.3	Hormônios.....	28
2.2.2.4	Água.....	29
2.2.2.5	Nutrientes	30
2.3	ESTRATÉGIAS DE PERENIZAÇÃO	31
2.4	BIODIVERSIDADE E O SISTEMA PRODUTIVO.....	33
3	HIPÓTESES	35
4	OBJETIVOS	37
4.1	GERAL.....	37
4.2	ESPECÍFICOS	37
5	MATERIAL E MÉTODOS	39
5.1	LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	39
5.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	40
5.3	MEDIDAS NA PASTAGEM.....	41
5.3.1	Demografia do perfilhamento	41
5.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	43
6	RESULTADOS	45
6.1	CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS	45
6.2	DEMOGRAFIA DO PERFILHAMENTO E ÍNDICE DE ESTABILIDADE POPULACIONAL DE PERFILHOS	48

7	DISCUSSÃO.....	54
7.1	COMPONENTES DE PRODUÇÃO.....	55
7.2	PERFILHAMENTO	58
8	CONCLUSÕES	60
	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

Por muitos anos, a produção animal em pasto no Brasil era caracterizada por sistemas extensivos de criação, onde grandes áreas eram ocupadas por uma pequena quantidade de animais. Com o crescente aumento populacional e também com a crescente preocupação relacionada aos aspectos de caráter ambiental e social como, por exemplo, erosão do solo, contaminação do lençol freático, mitigação da emissão dos gases de efeito estufa e melhoria da renda do homem do campo, surge a necessidade de modificar os sistemas de produção para modelos de criação animal mais sustentáveis. Nesse sentido, novos estudos dirigiram-se para o entendimento das relações entre planta-animal-ambiente e a utilização de pastagens multiespecíficas dentro de sistemas de produção animal para manter a persistência do pasto e ao mesmo tempo minimizar os efeitos ambientais, como por exemplo, a oscilação térmica anual.

A utilização de espécies perenes com picos de crescimento em épocas distintas (hibernal e estival) vem com a perspectiva de aumentar a produção de biomassa vegetal, garantir cobertura vegetal durante o ano todo, maximizar a eficiência de captação de recursos, atenuar a oscilação produtiva intra-anual, entre outros. No entanto, a associação de espécies perenes hibernais e estivais ainda é incipiente no modelo produtivo, predominando a utilização de plantas hibernais anuais como aveia e azevém anual no setor produtivo. Nesse sentido, o consórcio de espécies perenes hibernais e estivais vem com a perspectiva de estabilizar a produção forrageira intra-anual em locais onde há condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo de ambas as espécies, como em regiões de clima subtropical. Contudo, é necessário ainda entender os processos relacionados a coexistência e adaptação de espécies perenes quando cultivadas em associação, principalmente suas respostas à diferentes manejos de desfolhação, uma vez que as pastagens possuem papel importante não apenas nos modelos produtivos, mas também ambiental, por corresponderem a um percentual, de acordo com Boval e Dixon (2012), de 80% da área agricultável e 26% de todo o território global.

O objetivo do manejo em pastagens é otimizar a produção e colheita de folhas através da herbivoria em pastos que apresentem uma reduzida proporção de colmos e material senescente. Para isso, é necessário compreender os processos que estão relacionados ao crescimento e desenvolvimento das pastagens sob pastejo, principalmente quando mais de uma espécie são cultivadas em associação, visto que o crescimento de cada uma delas pode afetar o desenvolvimento da(s) outra(s). Assim, em gramíneas cultivadas em associação, torna-se necessário o entendimento dos processos envolvidos na perenização e coexistência das espécies utilizadas e nas suas capacidades produtivas. Nesse sentido, estudos que avaliem os

mecanismos relacionados ao perfilhamento podem apresentar um panorama geral do potencial de uso das gramíneas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ESPÉCIES UTILIZADAS

2.1.1 Capim-quicuiu

O capim-quicuiu (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.) é uma gramínea perene estival, C₄, estolonífera e rizomatosa que apresenta colmos curtos surgidos de longos estolões (HANNA et al., 2004) de onde podem ser emitidas novas raízes a partir de cada nó. Originário da África, o capim-quicuiu apresenta hábito de crescimento prostrado, crescendo até 45 cm de altura antes de acamar (WHITNEY, 1974a), e tem um bom desenvolvimento em regiões com índices pluviométrios entre 1000 e 1600 mm por ano (MEARS, 1970). Possui uma distribuição natural em latitudes que variam de 0 a 35°, se desenvolvendo muito bem em regiões com verões amenos (~25°C). Além disso, é uma espécie adaptada à regiões de altitude (~2000 m.a.n.m), pois tolera noites frias e geadas leves (WILEN e HOLT, 1996; HANNA et al., 2004).

A dispersão do capim-quicuiu iniciou em 1920, naturalizando-se em diversas regiões do globo (Mears (1970), chegando ao Brasil em 1924 (ASSEF, 2001). Bem adaptado à solos férteis e drenados, o capim-quicuiu apresenta rápida resposta à adubação, principalmente à adubação nitrogenada (MEARS, 1970; PEARSON et al., 1985; MARAIS, 1990, 2001), o que confere a ele uma boa produção de matéria seca. Sendo assim, diferentes doses de N e irrigação são capazes de resultar em produções de matéria seca bastante distintas. Enquanto Swanepoel et al. (2014) encontraram produção de 21 t ha⁻¹ ano⁻¹ com aplicação de 380 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio aplicados em doses mensais igualmente distribuídas ao longo do ano, Botha, Meeske e Snyman, (2008) tiveram produções de aproximadamente 14 t ha⁻¹ ano⁻¹ com aplicação de 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio aplicados em 10 doses anuais. Contudo, vale ressaltar, que os dados apresentados por Botha, Meeske e Snyman (2008) são oriundos de coletas de três anos, enquanto o trabalho de Swanepoel et al. (2014), apresentam dados de apenas um ano, e não apresentaram perdas de material vegetal, uma vez que não registraram eventos de geadas. Em estudo com diferentes cultivares de capim-quicuiu, Pearson et al. (1985) encontraram produções de matéria seca anual (~13,66 t ha⁻¹ ano⁻¹) similar à descrita por Botha, Meeske e Snyman (2008), enquanto que Whitney (1974b) demonstrou que pastos de capim-quicuiu irrigados ao receberem doses elevadas de N (795 e 874 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹) são capazes de produzir até 31 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca.

Além de apresentar boa produção de matéria seca, o capim-quicuiu se destaca principalmente pela alta qualidade de forragem produzida, quando comparado a outras espécies de clima tropical, se igualando ou muitas vezes apresentando valores de proteína bruta similar às espécies de clima temperado. Vários autores já demonstraram esse potencial qualitativo dos pastos de capim-quicuiu (GOMIDE et al., 1969; EVANS e HACKER, 1992; REEVES, FULKERSON e KELLAWAY, 1996; FULKERSON et al., 1998, 2007). Alguns trabalhos demonstram ainda, que ao adicionar nitrogênio no sistema, possibilita-se uma melhor qualidade nutricional na matéria seca de capim-quicuiu (GOMIDE et al., 1969 AWAD, EDWARDS e HUETT, 1979), principalmente da proteína.

2.1.2 Festuca

A festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.) é uma gramínea perene hibernal, de ciclo fotossintético C₃, nativa da Europa e norte da África (GIBSON e NEWMAN, 2001). Essa espécie tem crescimento ótimo em temperaturas próximas a 25°C (ROBSON, 1972), tolera temperaturas de até -5°C e possui menor sensibilidade à seca que outras gramíneas hibernais (GIBSON e NEWMAN, 2001) uma vez que possui um vigoroso sistema radicular que ultrapassa profundidades de um metro (GARWOOD e SINCLAIR, 1979). A festuca apresenta capacidade de vegetar em ambientes com precipitação bem variável, de 500 até 2000 mm anuais (GIBSON e NEWMAN, 2001).

A produção de forragem, que se estende durante todo o ano, porém com variações nas taxas de crescimento e acúmulo, variam de acordo com as condições às quais a festuca é submetida. Em estudo com 13 cultivares de festuca sob irrigação e adubação nitrogenada, Callow et al. (2003) encontraram, de modo geral, valores de produção de massa seca de aproximadamente 23 t MS ha⁻¹ ano⁻¹ (média de três anos), embora houvesse variação entre cultivares. Resultados similares foram encontrados por Lowe e Bowdler, (1995) para algumas cultivares de festuca, demonstrando ainda, que as cultivares testadas, apresentam produção superior à produção de matéria seca de *Bromus* sp., *Dactylis glomerata*, *Phalaris aquática*, *Lolium multiflorum* e *Lolium perene*. DUCHINI et. al., (2019) demonstraram, dentre as espécies testadas (*Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* e *Arrhenatherum elatius*), que a festuca apresentou uma produção anual de matéria seca maior que a produção do *D. glomerata*.

Essa maior produção observada em diferentes trabalhos coloca a festuca como uma boa opção de espécie perene a ser cultivada para produção de forragem. Alguns trabalhos demonstram ainda a boa qualidade nutricional produzida (GLENN et al., 1980; BUSH e

BURRUS, 1988; TEKELİ; ATEŞ, 2005), aproximando-se de valores obtidos para outras espécies hibernais importantes para o setor, como *Lolium perenne* (VAN VUUREN, TAMMINGA e KETELAAR, 1991; VAN VUUREN et al., 1992; VALK, KAPPERS e TAMMINGA, 1996; LEE et al., 2001; TAS et al., 2006), *Lolium multiflorum* (ROSO et al., 1999; PEDROSO et al., 2004; TONETTO et al., 2004) e *Avena strigosa* (CECATO et al., 1998; ROSO et al., 1999; MACARI et al., 2006). Contudo, a introdução de nitrogênio no sistema acaba elevando os teores proteicos da pastagem (VAN VUUREN, TAMMINGA e KETELAAR, 1991; LUPATINI et al., 1998).

Além da festuca apresentar boa produção anual de matéria seca com elevado valor nutricional, a presença de fungo endofítico, *Epichloe typhina* (BACON et al., 1977; HOVELAND et al., 1980) reclassificado para *Acremonium coenophialum* por Morgan-Jones e Gams em 1982 citado por Clark, White e Patterson (1983), quando infectando plantas de festuca, confere às plantas uma maior resistência à fatores abióticos (BOUTON et al., 1993; MALINOWSKI e BELESKY, 2000) e fatores bióticos (FRANZLUEBBERS, STUDEMANN e SEMAN, 2013). Neste caso, a produção de metabólitos secundários pelo *A. coenophialum* (como o alcaloide ergot – ergovalina) ocasiona perdas significativas no setor produtivo, ocasionadas principalmente pela redução no ganho de peso animal e na redução da taxa de nascimento de bezerros (MORGAN, BENDING e WHITE, 2005). Nesse sentido, a utilização de material vegetal livre de fungo endofítico é de fundamental importância para evitar perdas produtivas.

2.2 PERFILHAMENTO

2.2.1 O perfilho

Definido por Hodgson (1990) como unidade vegetativa básica de gramíneas, o perfilho é resultado de uma sucessiva diferenciação de fitômeros e composto por apenas um meristema apical (BRISKE, 1991). Cada fitômero é composto pelas partes vegetais de folha, bainha, entrenó, nó e sua respectiva gema axilar (BRISKE, 1991). Desse modo, o desenvolvimento do perfilho ocorre como resultado da formação e desenvolvimento de fitômeros sucessivos. A emissão de um novo fitômero, oriundo do meristema apical, dá origem a uma gema que fica localizada na axila da última folha, ou seja, cada nó possui uma gema, que potencialmente pode originar um novo perfilho (JEWISS, 1972; MOORE e MOSER, 1995).

A manutenção do potencial produtivo da pastagem estabelecida é dependente da emissão de novos perfilhos (JEWISS, 1972) a partir das gemas existentes. A utilização das gemas axilares formadas em cada fitômero, ou seja, a formação de novos perfilhos a partir dessas gemas, foi denominado de “*site filling*” (DAVIES, 1974; ZARROUGH, NELSON e SLEPER, 1984) e posteriormente descrito como “*site usage*” (SKINNER e NELSON, 1994), que nos demonstra a relação entre a taxa de aparecimento de perfilhos e a taxa de aparecimento “potencial” de perfilhos. Valores de *site usage* igual a zero (0,0) mostram o não aparecimento de novos perfilhos, mesmo com a formação sucessiva de novos fitômeros, enquanto valores de um (1,0) indicam um aparecimento teórico de um novo perfilho para cada fitômero (i.e. folha) formado. A utilização de 100% das gemas axilares para formação de novos perfilhos é bastante improvável, de modo que Neuteboom e Lantinga (1989) propõem um *site usage* potencial de 0,69 para o azevém perene, embora valores mais altos já tenham sido reportados para pastos em estabelecimento (ZARROUGH, NELSON e SLEPER, 1984; SKINNER e NELSON, 1992). De qualquer forma, é importante destacar que o *site usage* é dependente de alguns fatores ambientais (MURPHY; BRISKE, 1992), como luz, temperatura, e umidade (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996) fatores hormonais de dominância apical (CLIFFORD, 1977; MURPHY e BRISKE, 1992) e fatores relacionados ao manejo do pastejo (GIACOMINI et al., 2009).

2.2.2 Fatores que afetam o perfilhamento

2.2.2.1 Temperatura

A temperatura é um fator importante no crescimento de plantas, uma vez que atua diretamente na taxa de aparecimento e alongamento de folhas (DURU e DUCROCQ, 2000b). Davies e Calder (1969) observaram aumento na taxa de aparecimento de folhas de *Dactylis glomerata* e *Lolium perenne* à medida que houve aumento na temperatura média do ar, que também fora relatada para *Sorghum vulgare* (DOWNES, 1968), *Lolium rigidum* (COOPER, 1951), e em condições de aumento na temperatura do solo em *Lolium perenne* (DAVIES e THOMAS, 1983). Em estudo com *Sorghum bicolor*, Escalada e Plucknett (1975) observaram aumento no número de folhas e na área foliar, em comparação à plantas expostas à menor temperatura e fotoperíodo. Friend (1965) complementa que a diminuição da temperatura reduz, não apenas a taxa de aparecimento de folhas, mas também, o perfilhamento, ocasionado pela redução da capacidade fotossintética da planta. Esse autor demonstrou também, em estudo com

gramínea C3, que temperatura de 25°C favorece a taxa de aparecimento de folhas e perfilhamento quando comparado a temperatura inferior (10°C, neste caso).

A temperatura ótima de crescimento é variável para cada espécie, principalmente entre cada grupo fotossintético (C3 e C4) (LANGER, 1963; RODRIGUES e RODRIGUES, 1987). As espécies de via fotossintética C3 apresentam melhores desempenhos em temperaturas próximas de 25 °C, enquanto as espécies de via metabólica C4 apresentam maiores taxas fotossintéticas em temperaturas próxima à casa dos 35 °C (EHLERINGER, 1978; PEARCY e EHLERINGER, 1984). Aliado à temperatura (e não desconectada dela) o fotoperíodo possui influência no crescimento de plantas, sejam elas plantas de dias curtos ou de dias longos. Mannetje e Pritchard (1974) observaram redução no tamanho de folha de diversas gramíneas quando da redução do fotoperíodo de 14 para 11 horas, porém variações no fotoperíodo tiveram pouco efeito sobre o perfilhamento das espécies estudadas. Entretanto, os mesmos autores observaram redução no número de perfilhos com diminuição na temperatura (32/24 °C para 26/15 °C, temperatura diurna/noturna, respectivamente) que, neste caso, não apresentou efeito apenas para o *Pennisetum clandestinum* e *Chloris gayana* na menor temperatura (20 °C diurno e 6 °C noturno).

Outros trabalhos já descreveram efeito de interação entre fatores de temperatura e fotoperíodo, como descrito para as espécies C3 *Phleum pratense*, *Poa pratensis* e *Bromus inermis*. Neste caso, Heide, Hay e Baugeröd, (1985) mostraram aumento na produção de matéria seca no maior fotoperíodo (em fotoperíodos de 8 e 24 horas) com incrementos produtivos à medida que houve aumento da temperatura de 12 °C para 15 °C, começando a reduzir o rendimento de matéria seca a partir de temperaturas próximas a 21 °C. Os mesmos autores não encontraram diferença no número de folhas por planta e no perfilhamento de *Phleum pratense* no menor fotoperíodo, reforçando existência de uma ligação entre os fatores que regulam o perfilhamento de gramíneas, onde além da temperatura e fotoperíodo, a luz também possui elevada importância para a taxa de expansão foliar e perfilhamento (DURU e DUCROCQ, 2000b).

2.2.2.2 Luz

A luz possui importante papel na emissão de fitômeros e ativação de gemas laterais, onde maiores intensidades luminosas e maiores relações entre os comprimentos de onda vermelho: vermelho distante favorecem o desenvolvimento das gemas axilares (DEREGIBUS et al., 1985; LANGER, 1979). O aumento na emissão de fitômeros resulta em incremento de

gemas e, consequentemente, favorece a emissão de novos perfilhos (MITCHELL, 1953), tendo, por isso, a luz uma grande importância no perfilhamento de gramíneas.

Em condições de desfolha, após os eventos de remoção de área foliar, a competição por luz é reduzida, aumentando gradativamente à medida que o pasto cresce (GAUTIER, 1999). Essa redução na área foliar tende a ser compensada por um ligeiro incremento na população, promovendo um aumento instantâneo na emissão de novos perfilhos (MATTHEW et al., 2000). Quando o pasto possui um dossel denso, com elevada competição por luz, a planta apresenta respostas morfológicas diferentes (GAUTIER, VARLET-GRANCHER e HAZARD, 1999) com aumento na área foliar (aumento em tamanho de folha) buscando maior interceptação luminosa e evitar, assim, perdas na utilização do carbono (SANDERSON, STAIR e HUSSEY, 1997). Em dosséis sombreados os perfilhos mais jovens morrem primeiro (ONG, MARSHALL e SAOAR, 1978), muito provavelmente devido ao direcionamento de carboidratos aos perfilhos mais velhos (DAVIES e THOMAS, 1983), de modo que a necessidade de carbono gerada nos perfilhos jovens e sombreados (ONG e MARSHALL, 1979) parece ter grande importância na morte destes perfilhos. Além disso, o sombreamento também pode reduzir a emissão de novos perfilhos (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996), uma vez que, a redução na razão do vermelho: vermelho distante incidente na base do dossel (ou local onde encontram-se as gemas) reduzindo o desenvolvimento de gemas (DEREGIBUS et al., 1985; BRISKE e BUTLER, 1989; DE KROON e KWANT, 1991).

2.2.2.3 Hormônios

O desenvolvimento das gemas axilares está ligado à questão da dominância apical e à emissão da inflorescência (LANGER et al., 1973), uma vez que a auxina proveniente do meristema apical diminui, ou até mesmo inibe, a biossíntese de citocinina (NORDSTROM et al., 2004) reduzindo assim o perfilhamento. Esse fato é registrado, uma vez que, a utilização de inibidores de transportadores de auxina ou a decapitação do meristema apical liberam a emissão de gemas axilares, anteriormente impedidas de se desenvolver (LEOPOLD, 1949; HARRISON e KAUFMAN, 1980). Yeh, Matches e Larsen (1976) afirmaram que a ação de fitormônios está diretamente ligada ao perfilhamento da festuca, uma vez que a diminuição da concentração de auxina na base do colmo coincidiu com aumentos no perfilhamento, onde estes foram registrados em menor fotoperíodo, corroborando com a diminuição na produção de auxina (LEOPOLD, 1949). O aumento na emissão de perfilhos que coincide com o florescimento, pode estar relacionado ainda, ao menor fluxo de auxina e aumento na concentração de citocinina, ou

seja, o aumento na relação citocinina/auxina favorece o perfilhamento (HARRISON e KAUFMAN, 1980).

A supressão do desenvolvimento das gemas axilares parece não estar ligada somente à auxina, uma vez que o movimento acropetal da citocinina parece estar associado a um movimento concomitante de outro hormônio (estrigolactona) que também atua na supressão da citocinina, desempenhando o papel de segundo mensageiro da dominância apical, reduzindo o perfilhamento (McSTEEN, 2009). A biossíntese de estrigolactona é induzida em baixas concentrações de fósforo e nitrogênio (AKIYAMA, MATSUZAKI e HAYASHI, 2005). No entanto, quando há condições hormonais adequadas, ao iniciar-se o desenvolvimento da gema e do novo perfilho, a ação da dominância apical já é exercida nessa nova planta (ONGARO e LEYSER, 2008). Essa atuação de hormônios na regulação do perfilhamento de plantas tem sido demonstrada em diversos estudos, no entanto ainda é pouco entendido o seu mecanismo de ação na regulação do perfilhamento (BARAZESH e McSTEEN, 2008).

2.2.2.4 Água

A água é um fator importante na produção agrícola, podendo trazer prejuízos pela sua falta ou excesso. A escassez de água nas pastagens e culturas agrícolas é o fator mais limitante do potencial produtivo dos sistemas agrícolas (BOYER, 1982; VOLAIRE et al., 1998). Em casos de déficit hídrico prolongado, a persistência de gramíneas perenes pode ser prejudicada, principalmente quando da ausência de mecanismos de adaptação a seca (KNIGHT, 1973). A utilização da irrigação em sistemas de produção de pastagens favorece um maior perfilhamento dos pastos, como demonstrado por West et al. (1993) para pastos de festuca, onde maiores DPPs foram registradas em pastos irrigados. A utilização de sistemas de irrigação pode compensar a menor disponibilidade hídrica, no entanto, demanda altos investimento e sua utilização em sistemas de produção de forragem é pequena.

A introdução da irrigação no sistema de produção de forragem traz benefícios produtivos, como destacados por Vitor et al. (2009) que observaram aumento de 39% no rendimento de matéria seca de capim-elefante, se comparado aos pastos não irrigados. Em estudo com seis gramíneas mantidas sob regimes de irrigação, Garwood e Sinclair (1979) observaram incrementos na produção de matéria seca total em cada uma das seis gramíneas avaliadas em dois anos consecutivos (1974 e 1975), onde a introdução da irrigação promoveu incrementos produtivos. Resultados similares de aumento produtivo de gramíneas (gramíneas

de verão e inverno – C4 e C3) foram relatados por Taylor, Rowley e Hunt (1976), com incrementos consideráveis para as espécies testadas (15 naquele estudo).

Os malefícios do estresse hídrico ocorrem pela indução a acumulação de ácido abscísico na planta, promovendo o fechamento estomático. Sem as trocas gasosas, há pouca ou nenhuma produção fotossintética, afetando, principalmente a expansão celular e assim reduzindo ou até mesmo cessando o crescimento vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2013). Além disso, os autores mencionam ainda a importância da água para a absorção de nutrientes via solução aquosa do solo como o nitrogênio, que é captada pela planta via absorção radicular.

2.2.2.5 Nutrientes

A densidade populacional de perfilhos pode ser modificada por diferentes fatores, onde a fertilidade do ambiente pastoril possui grande influência sobre o afilhamento de gramíneas. Neste cenário, o nitrogênio possui elevada influência sobre as características estruturais e morfogênicas das plantas (DURU e DUCROCQ, 2000a). Bahmani et al. (2003) observaram maior perfilhamento em azevém perene submetido a adubação nitrogenada, onde a introdução de nitrogênio aumentou em 34% o número de perfilhos comparado aos pastos não adubados. A menor disponibilidade de nitrogênio diminuiu também o perfilhamento de outras gramíneas (como o trigo, por exemplo), onde o déficit nutricional pode retardar o desenvolvimento das gemas axilares (LONGNECKER et al., 1993) onde os novos perfilhos necessitam de elementos como o nitrogênio oriundos dos perfilhos mais velhos até que tenham raízes suficientes para absorção de nutrientes e água (WARRINGA e KREUZER, 1996). Esse redirecionamento de N para perfilhos jovens é reduzido em casos de déficit de N externo (SANTOS, THORNTON E CORSI, 2002) o que pode levar a condições de competição entre o perfilho principal e os perfilhos laterais (GISLUM e GRIFFITH, 2004).

Em *Sporobolus heterolepis*, o nitrogênio aumentou o perfilhamento axilar, embora não tenha apresentado efeito sobre o tamanho de perfilhos individuais (DALGLEISH et. al., 2008), tendo apresentado efeito positivo também em azevém perene, com aumento produtivo e aumento no número de perfilhos em pastos submetidos a maiores disponibilidades de N (GISLUM e GRIFFITH, 2004). Em condições de desfolha, a planta parece deslocar nitrogênio para a expansão foliar, reduzindo a disponibilidade de N para a emissão de perfilhos das gemas axilares (SCHENEITER e AMENDOLA, 2012). No entanto, a introdução de N em sistemas de misturas de plantas pode reduzir a riqueza de espécies (TILMAN, 1987), por favorecer o crescimento das espécies mais bem adaptadas àqueles ambientes.

2.3 ESTRATÉGIAS DE PERENIZAÇÃO

Espécies vegetais anuais apresentam ciclos de crescimento definidos, com produção de sementes, que garantirão a reocupação da área quando as condições ambientais se tornarem favoráveis (EHRLEN e LEHTILA, 2002). No entanto, as gramíneas perenes necessitam utilizar diferentes mecanismos para assegurar a sua persistência, para que assim possam desenvolver seu potencial de produção e garantir a manutenção da espécie a longo prazo. As gramíneas perenes apresentam características que as colocam em vantagem no sistema produtivo, não apenas por promover incrementos produtivos, mas também por desempenharem funções importantes no sistema, como redução da erosão e melhorias na qualidade do solo (MCCALLUM et al., 2004). No entanto, espécies perenes apresentam diferenças quanto à adaptação em diferentes ambientes e sob diferentes ações extrínsecas à planta.

Em ambientes naturais, as plantas estão sujeitas a diferentes níveis de estresse e distúrbio. Grime (1977) menciona que plantas mantidas em níveis de estresse severo e elevado distúrbio, apresentam persistência prejudicada, e em muitos casos impossibilita a reocupação da área. Em ambientes com baixo estresse e pouco distúrbio, plantas competidoras são favorecidas, enquanto que em ambientes com alto estresse e baixo distúrbio favorecem a ocorrência de plantas estresse-tolerantes. Existe ainda um terceiro grupo de plantas que se desenvolvem em ambientes com baixo estresse e elevado distúrbio, chamadas de plantas ruderais. Para que as plantas possam perenizar na área, é necessário que estas apresentem características que as tornem adaptadas àquelas situações, onde estresse pode ser causado por variações supra ou sub ótimas de luz, temperatura, água e nutrientes, enquanto que distúrbio é originado a partir de danos da parte aérea como evento de colheita (herbivoria, colheita mecânica), ação de patógenos, geadas, fogo e dessecação (GRIME, 1977).

Diante desses cenários de estresse, competição e distúrbio, algumas espécies já foram descritas quanto a sua resistência a essas situações. Para condições de estresse hídrico severo, algumas gramíneas perenes utilizam a dormência como estratégia para contornar períodos de déficit hídrico, como é o caso da *Festuca rubra* (VOLAIRE, NORTON e LELIÈVRE, 2009). O frio também pode ser limitante ao crescimento vegetal, reduzindo, ou até mesmo cessando o crescimento vegetal de algumas espécies, como descrito para *Pennisetum clandestinum* que reduziu seu crescimento em temperaturas inferiores a 8 °C (MEARS, 1970). Peacock (1976) relatou diminuição da taxa de alongamento foliar (praticamente cessando o alongamento foliar)

nas espécies de *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Lolium multiflorum* e *Phleum pratense* à medida que a temperatura diminuía (alcançando valores entre 0 e 4 °C naquele caso). Outras plantas possuem condições de superar distúrbios severos (i.e. fogo), como relatado para a espécie de *Sartina argentinensis* (FELDMAN e LEWIS, 2007), onde neste, os autores sugerem que a presença de gemas abaixo do solo com proteção das bainhas e o tempo de queima do capim não são suficientes para remover a espécie da área. No entanto, para espécies que apresentam seus meristemas de crescimento acima do solo, como é o caso de *Andropogon semiberbis*, o fogo pode danificar essas estruturas e reduzir a reestruturação do dossel (SILVA e CASTRO, 1989). Alguns eventos como geadas normalmente não são eficientes para acarretar em perdas das gemas axilares, necessárias para a emissão de novos perfilhos, assim como desfolhas severas possuem uma menor influência na redução de gemas axilares, uma vez que estas se situam muito próximo ou até abaixo do solo.

Espécies vegetais que apresentam maior plasticidade fenotípica normalmente possuem uma maior adaptação à remoção de área foliar, por aumentarem a população de perfilhos (MATTHEW et al., 2000) como forma de contornar o distúrbio acarretado pela remoção do material vegetal (de folhas, principalmente). O aumento no número de perfilhos em pastos manejados em menores alturas demonstra ser uma estratégia eficaz para tentar manter constante o índice de área foliar (MATTHEW et al., 1995, 2000), uma vez que favorece a entrada de luz na base do dossel (LANGER, 1979) assegurando assim, a captação de recursos luminosos para manter constante o potencial produtivo do pasto.

Algumas espécies possuem maior capacidade de absorver nutrientes do solo, com melhores respostas quando cultivadas em ambientes férteis, e foram enquadradas, segundo Cruz et al. (2002), no grupo funcional de espécies competidoras por recursos, uma vez que apresentam maior área foliar, menor teor de matéria seca e fenologia precoce. Como consequência, esse grupo de plantas apresenta um acelerado *turnover* de tecidos, e para isso, necessita de maiores investimentos em perfilhos que são menores e de menor longevidade, como observado por (MIQUELOTO, 2018) para a espécie de capim-quicuiu, uma vez que esta é altamente responsiva a solos férteis, principalmente nitrogênio (MEARS, 1970; WHITNEY, 1974b).

Além das espécies competidoras de recurso, Cruz et al. (2002) classificaram as espécies vegetais cuja característica é persistir em ambientes pouco férteis, com elevada eficiência de utilização de minerais, crescimento lento com duração de vida de folhas maior e fenologia mais tardia como plantas conservadoras de recurso. Neste cenário, gramíneas perenes apresentam maior longevidade de perfilhos, como forma de diminuir gastos com emissão de perfilhos. Com

isso, a persistência de gramíneas perenes está relacionada a elevada taxa de aparecimento (observado em espécies competitadoras de recursos) ou elevada taxa de sobrevivência de perfilhos (observado em espécies conservadoras de recursos), (MATTHEW et al., 2000; GARCÍA e ZAMORA, 2003; DUCHINI et al., 2018). Integralizar as variáveis de taxa de aparecimento e sobrevivência (BAHMANI et al., 2003) é uma forma mais eficiente de apresentar a persistência das espécies, onde pode-se observar qual das taxas apresenta maior importância para a perenização da espécie e ainda demonstrar os momentos de instabilidade da população de perfilhos, seja ela transitória ou permanente (SBRISIA et al., 2010).

2.4 BIODIVERSIDADE E O SISTEMA PRODUTIVO

A diversificação do sistema, com a utilização de várias espécies vegetais, tem se mostrado promissor e fortemente estudado nos últimos tempos, onde, evidenciou-se uma complementaridade no sistema produtivo à medida que há um incremento no número de espécies cultivadas (LEHMAN e TILMAN, 2000; TILMAN, POLASKY e LEHMAN, 2005; TILMAN, REICH e KNOPS, 2006), sendo capaz de maximizar a utilização de recursos e a eficiência produtiva do sistema pastoril e manter mais estável a produção forrageira. No entanto, a escolha de espécies contrastantes e complementares na captura e utilização de recursos tem sido considerada mais importante do que misturar um grande número de espécies (TRACY e SANDERSON, 2004; NIU, LIU e WAN, 2008). Além disso, para que um sistema biodiverso seja efetivo, atenta-se para que o manejo utilizado não seja limitante a nenhuma das espécies utilizadas (DUCHINI et al., 2019).

A escolha das espécies a serem utilizadas em associação deve levar em conta a qual grupo funcional cada uma delas pertence (DODD, BARKER e WEDDERBURN, 2004). Segundo Sanderson et al. (2005), o aumento de 3 para 15 espécies em uma mistura não resultou em incrementos produtivos de biomassa, possivelmente em decorrência de redundância funcional. Tracy e Sanderson (2004) demonstraram que a escolha de espécies bem adaptadas às condições locais pode ser mais efetiva para aumentar a capacidade produtiva de misturas que a simples utilização de misturas mais complexas, onde nesta, grande parte da produção de biomassa fica acondicionada às espécies mais adaptadas àquelas condições (SODER et al., 2006).

A complementaridade e maior produtividade das misturas está, ainda, relacionado com as diferentes características arquitetônicas das plantas, o que confere a elas uma melhor

ocupação tridimensional do espaço, otimizando a captação da luz incidente (NAEEM et al., 1994; SPEHN et al., 2000) e a captação de recursos abaixo do solo (TILMAN, WEDIN e KNOPS, 1996; LANGE et al., 2015). No entanto, para que essa otimização de recursos seja efetiva, é necessário que as espécies apresentem flutuações populacionais distintas ao longo do ano (HECTOR et al., 2010). Dessa forma, o uso de ferramentas que regulem o crescimento da planta (como o pastejo, por exemplo) pode se tornar importante para manter a diversidade, pois este atuaria no controle da competição por luz (BORER et al., 2014), resultando em modificações no padrão de povoamento das espécies, principalmente para gramíneas perenes que utilizam do perfilhamento como estratégia de perenização e restauração do potencial produtivo. Miqueloto (2018) trabalhou com pastos consorciados de festuca e capim-quicuiu, observou que realizar ou não um rebaixamento dos pastos, não influencia o perfilhamento da festuca no inverno. No entanto, o capim-quicuiu parece apresentar maiores respostas a estímulos luminosos durante o período de verão, uma vez que, pastos mantidos em maiores alturas de manejo demonstraram menor DPP de capim-quicuiu em comparação aos pastos mantidos em menores alturas de manejo (17 e 7 cm, respectivamente). Além disso, em pastos mantidos em maiores alturas, a festuca ocupa a maior porção do dossel, de modo que nessas situações ocorre maior acúmulo de material senescido, tanto de festuca por sombreamento e envelhecimento dos perfilhos como de capim-quicuiu devido a ocorrência de geadas durante o outono-inverno, o que resulta em uma limitação do espaço físico para o crescimento do capim-quicuiu ano após ano (MIQUELOTO, 2018).

3 HIPÓTESES

O rebaixamento primaveril em pastos de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação aumenta a participação de capim-quicuiu no período de verão, independente da altura de manejo em pré-pastejo, e não interfere no retorno da festuca na estação fria.

4 OBJETIVOS

4.1 GERAL

Determinar se o rebaixamento de um pasto formado por *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivado em associação e submetido a diferentes alturas de manejo em pré-pastejo altera a dinâmica populacional de ambas espécies tanto no verão quanto no inverno.

4.2 ESPECÍFICOS

Avaliar o retorno do capim-quicuiu no verão, em pastos submetidos a diferentes manejos primaveril.

Avaliar o retorno da festuca no período estival, após ser submetida a diferentes manejos de primavera.

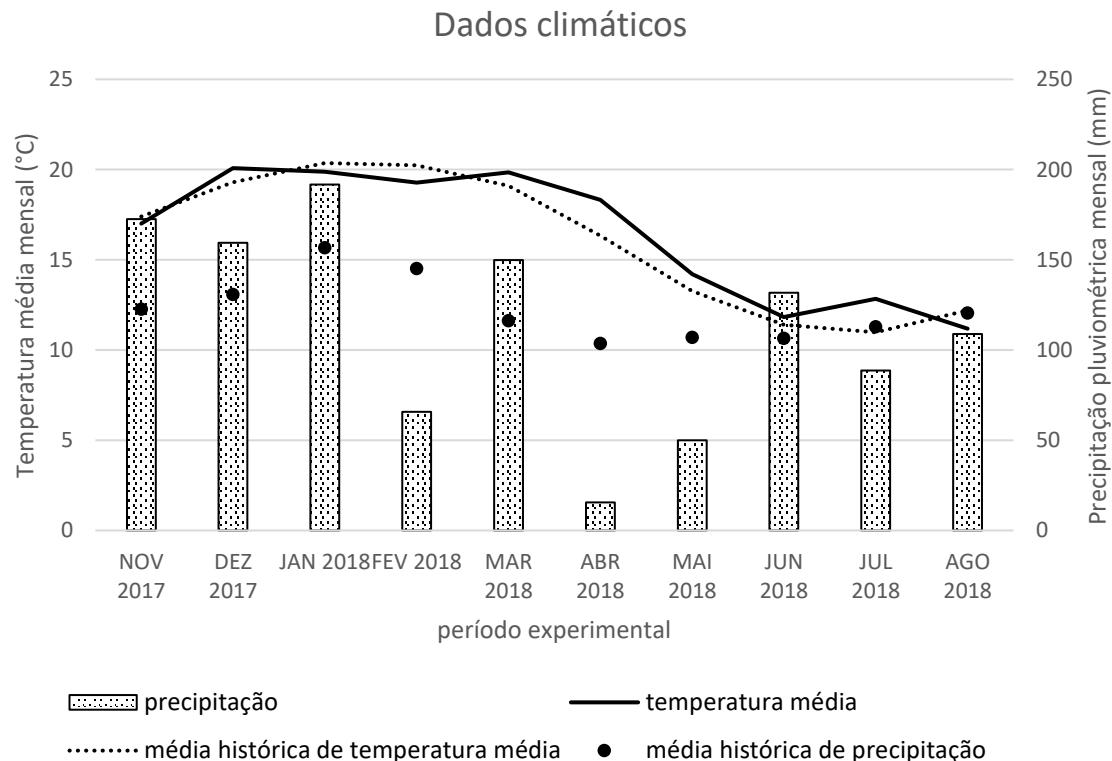
Avaliar a demografia do perfilhamento e o índice de estabilidade de pastos mistos de capim-quicuiu e festuca submetidos a diferentes manejos de altura.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC), Lages – SC – Brasil, marcado pelas coordenadas geográficas $27^{\circ} 48' 58''$ latitude sul e $50^{\circ} 19' 34''$ longitude oeste e situado a 930 metros acima do nível do mar, com clima do Cfb (clima subtropical, sem estação seca definida e com verões amenos) (ALVARES et al., 2013) durante o período de novembro de 2017 à agosto de 2018. Os dados climáticos referentes ao período experimental e as médias históricas estão apresentados na figura 1. Durante o período experimental foram contabilizadas um total de 12 geadas, ocorridas entre 22 de maio 05 de setembro de 2018.

Figura 1: Precipitação pluviométrica e temperatura média (mensais e históricas de 85 anos) da cidade de Lages, Santa Catarina, Brasil. Fonte: Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina CIRAM/EPAGRI.



Fonte: EPAGRI/CIRAM, 2018.

O experimento foi implantado em solo classificado como Cambissolo Húmico Alumínico Típico (EMBRAPA, 2006), que apresentava, na camada 0 a 20 cm de profundidade,

as seguintes características: pH: 5,8; M.O: 3%; Ca: 7,6 cmol_c.dm⁻³; Mg: 4,54 cmol_c.dm⁻³; H+Al: 6,90 cmol_c.dm⁻³; P: 6,7 mg.dm⁻³; K: 64 mg.dm⁻³; Argila: 42%; CTC em pH 7,0: 19,23 cmol_c.dm⁻³ e Saturação por bases: 64,14%. A área experimental foi implantada em julho de 2014 por meio da sobressemeadura de Festuca (*Festuca arundinacea* cv. Rizomat) sobre uma pastagem de capim-quicuiu (*Pennisetum clandestinum*) já implantada e estabelecida na área desde a década de 90. Os pastos foram manejados em diferentes alturas ao longo de dois anos e, a partir de novembro de 2017, foram estabelecidos os tratamentos.

Para a implementação dos tratamentos, não foram efetuadas adubações de correção de acidez e fertilidade do solo, sendo realizada apenas adubações nitrogenadas que totalizaram 360 kg de N ha⁻¹ por ano. Essa quantidade foi fracionada em seis doses de 60 kg de N ha⁻¹ e aplicadas a cada 60 dias ao longo de todo o ano, onde a primeira aplicação foi realizada no início do período experimental (20 de novembro de 2017), em condição de estrutura do dossel em pós pastejo.

5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido em blocos completos casualizados, em arranjo fatorial 2 x 2 com três repetições. Cada unidade experimental (piquete) possuía 140 m², totalizando uma área de 1680 m². Os pastos foram manejados sob lotação intermitente, sendo adotadas duas alturas de manejo em pré-pastejo associadas a um rebaixamento de 40% (fator A): 15 e 20 cm de altura média do dossel e, portanto, 9 e 12 cm de altura em pós-pastejo, respectivamente. O fator B foi a adoção ou não de uma maior severidade de desfolha aplicada pontualmente em meados da primavera, resultando em um resíduo de 6 cm. Após esse rebaixamento os pastos eram novamente manejados com 40 % de severidade de desfolha, ou seja, com resíduos de 9 e 12 cm de altura. Dessa forma, o arranjo fatorial consistiu de duas alturas em pré-pastejo (15 e 20 cm) associadas ou não com um rebaixamento pontual de primavera (resíduo de 6 cm). O controle de altura dos pastos foi realizado com o auxílio de uma régua graduada, registrando-se a altura de 30 pontos aleatórios dentro de cada unidade experimental. A altura de cada unidade experimental era composta pela média das 30 leituras. O controle das alturas era realizado periodicamente afim de manter o controle sobre a altura do dossel e assegurar as metas de manejo. Ao atingir as alturas em pré-pastejo, dois bovinos da raça holandesa com peso vivo médio de 460 kg eram alocados em cada piquete (uso animal aprovado pela comissão de ética

no uso de animais sob protocolo 6241030918). Os animais pertenciam ao plantel do tambo da UDESC/CAV e eram retirados dos piquetes quando as alturas de resíduo eram alcançadas.

5.3 MEDIDAS NA PASTAGEM

As medidas na pastagem foram realizadas em três amostras aleatórias coletadas no nível do solo por piquete, com área individual de 0,24 m² (80 x 30 cm). Toda a massa de forragem contida dentro de cada moldura era cortada à nível do solo, alocada individualmente em sacos plásticos identificados e levados ao laboratório, onde realizava-se a separação botânica das espécies (festuca, capim-quicuiu e outras espécies) e, posteriormente, a contagem da densidade populacional de perfilhos (DPP) de cada espécie que compunha a mistura (festuca e capim-quicuiu). A DPP total do pasto foi determinada a partir da soma das DPPs das duas espécies, e ambas foram estimadas para hectare.

O índice de área foliar (IAF) do pasto foi mensurado a partir das lâminas foliares dos perfilhos contidos em cada uma das três amostras aleatórias. Para isso, após a contagem dos perfilhos todas as folhas eram destacadas e passadas em um integrador de área foliar (modelo LI-3100C, Li-Cor, Lincoln, Nebraska, EUA) para determinação da área total de folhas de cada espécie. Dividindo-se a área foliar total de cada espécie pela área da moldura obtinha-se o IAF de cada espécie e somando o IAF de festuca e o IAF de capim-quicuiu obtinha-se o IAF do pasto. Posteriormente, as folhas e os colmos desses perfilhos eram secos em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C durante 72 horas para determinação do peso seco de cada componente. O peso médio por perfilho (PMP) foi determinado pela soma do peso seco das lâminas foliares e o peso seco dos colmos de cada espécie dividido pela referida DPP.

A massa de forragem de cada espécie foi estimada a partir da soma dos componentes folha e colmo de cada espécie presentes em cada uma das três amostras e calculada em kg de MS h⁻¹. A massa de forragem do pasto foi estimada a partir da soma das massas de forragem de festuca e capim-quicuiu.

5.3.1 Demografia do perfilhamento

A demografia populacional de perfilhos foi avaliada em dois anéis por piquete, com diâmetro individual de 20 cm (área de 0,0314 m²), alocados em pontos representativos de cada unidade experimental. Mensalmente procedia-se a contagem dos perfilhos de cada espécie

presente dentro dos anéis. No primeiro momento (novembro de 2017) foram marcados todos os perfilhos presentes no interior de cada anel, denominado “geração zero”. Após 30 dias, voltou-se ao campo, onde pode-se contar os perfilhos que ainda estavam vivos (denominados de perfilhos sobreviventes) e no mesmo momento, marcou-se os novos perfilhos que surgiram durante este período, denominados de “primeira geração”. No mês seguinte, realizou-se o mesmo procedimento de contagem dos perfilhos sobreviventes de cada geração e marcação dos novos perfilhos surgidos durante esse novo período. Assim, seguiu-se durante todos os meses de avaliação. Marcações de cores e/ou formatos diferentes foram utilizadas para identificar perfilhos pertencentes à espécies e gerações distintas.

A partir das informações coletadas pela demografia populacional de perfilhos foram estimadas as taxas de aparecimento (Tap), mortalidade (Tmp) e sobrevivência (Tsp) de perfilhos de festuca, capim-quicuiu e da mistura (festuca + capim-quicuiu). As taxas de aparecimento de perfilhos foram obtidas a partir da divisão do número de perfilhos surgidos em um determinado período pelo número total de perfilhos existentes na avaliação anterior. As taxas de sobrevivência foram obtidas a partir da divisão do número total de perfilhos em um determinado momento (excluídos os perfilhos surgidos nesse período) pelo número total de perfilhos contados na avaliação anterior. As taxas de mortalidade foram calculadas subtraindo-se a taxa de sobrevivência de um (1,0).

A partir das taxas de aparecimento e sobrevivência de perfilhos foram calculados os índices de estabilidade populacional (IE) dos pastos. Esse índice remete a um panorama geral sobre a estabilidade populacional de perfilhos de uma comunidade de plantas entre duas ou mais avaliações sucessivas. Um índice igual a 1 indica que a população se manteve estável. Índices maiores que 1 indicam aumento populacional, enquanto índices menores que 1 mostram instabilidades populacionais decorrentes da diminuição da população. O IE foi calculado a partir da equação descrita a seguir (adaptado de MATTHEW e SACKVILLE-HAMILTON, 2011).

$$Pt_1 / Pt_0 = Tap + Tsp$$

Onde: Pt_1 / Pt_0 representa a proporção entre a população de perfilhos existentes na contagem atual e a população existente na contagem anterior e Tap e Tsp indicam, respectivamente, as taxas médias de aparecimento e sobrevivência de perfilhos de todas as gerações.

5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Em virtude da diferença de resposta das plantas às épocas do ano (verão e inverno), os dados foram agrupados em duas épocas de crescimento para melhor demonstrar a resposta aos diferentes tratamentos. O verão foi composto pelos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio, enquanto que o inverno foi composta pelos meses que sucederam as primeiras geadas, ou seja, junho, julho e agosto. Assim agrupados, os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento MIXED (modelos mistos) do pacote estatístico SAS® (Statistical Analysis system), versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA). Foram considerados efeitos fixos a altura em pré-pastejo (fator A) e o manejo primaveril (fator B) e efeito aleatório o bloco. O modelo utilizado incluiu os efeitos do fator A (fA), fator B (fB), bem como a interação fator A*fator B como descrito abaixo:

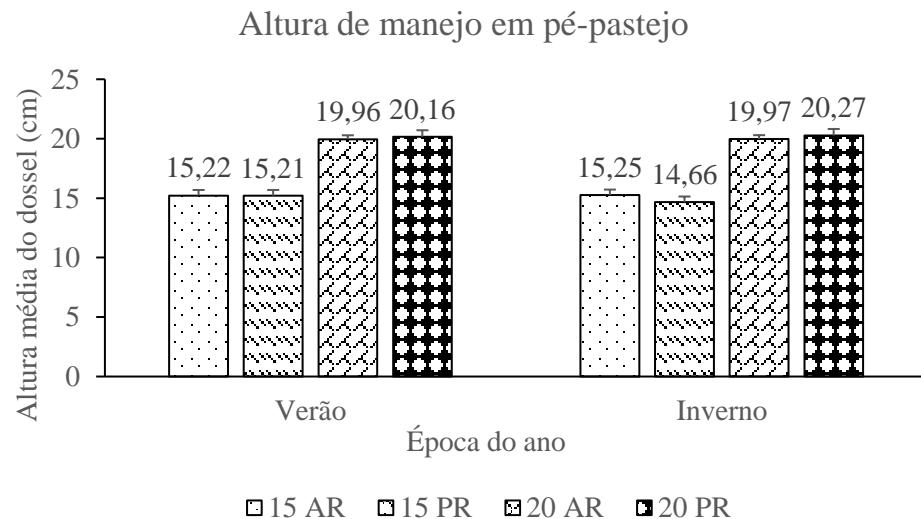
$$y_{ij} = \mu + fA_i + fB_j + (fA * fB)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

As médias foram estimadas utilizando o “least-squares means” e a diferença entre elas foi testada por meio do teste t com $\alpha=0,10$.

6 RESULTADOS

As alturas reais em pré-pastejo dos pastos ficaram dentro das metas pré-estabelecidas ao longo de todo período experimental (figura 2).

Figura 2: Média das alturas em pré-pastejo em pastos de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação, submetidos a lotação intermitente, com duas alturas de manejo em pré-pastejo (15 e 20cm) e duas estratégias de manejo primaveril (rebaixamento ou não dos pastos).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

6.1 CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS

Para a época de verão, houve efeito de altura e manejo primaveril para a DPP do capim-quicuiu, onde os maiores valores foram observados para a altura de 15 cm e para pastos rebaixados na primavera. Houve um incremento de 42% e 23% no número de perfilhos de capim-quicuiu nos tratamentos de 15 cm ($P=0,0004$) e nos pastos rebaixados na primavera ($P=0,0674$), respectivamente. Por outro lado, o manejo primaveril não afetou a DPP total do pasto. Houve efeito apenas de altura ($P=0,0010$) para a DPP do pasto no verão, onde, o tratamento de 15 cm apresentou uma DPP 36% superior àquela registrada no tratamento de 20 cm. Para a DPP da festuca não houve diferença entre os fatores testados ($P=0,2061$ e $P=0,6756$; tabela 1).

Em relação à massa de forragem, houve efeito positivo do rebaixamento primaveril na massa do capim-quicuiu no verão ($P=0,0223$). Por outro lado, o rebaixamento primaveril reduziu a massa de forragem da festuca no verão quando o pasto foi manejado com 20 cm de

altura (tabela 2). Para a massa de forragem total da mistura houve apenas efeito de altura, com maiores valores observados nos pastos manejados com 20 cm (P=0,0219; tabela 1).

Tabela 1: Densidade populacional de perfilhos (DPP; perfilhos.m⁻²), massa de forragem (MF; kg.MS.ha⁻¹), peso médio por perfilho (PMP; mg) e índice de área foliar (IAF) de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação, submetidos à lotação intermitente, com duas alturas de manejo em pré-pastejo (15 e 20 cm) e duas estratégias de manejo primaveril (rebaixamento ou não dos pastos).

Variável	Verão			Manejo Primaveril		
	Altura (cm)	15	20	EPM	AR*	PR**
DPP Quicuiu	2063 ^A	1183 ^B	160	1410 ^b	1836 ^a	159
DPP Festuca	1578	1288	113	1470	1397	113
DPP Pasto	3362 ^A	2472 ^B	178	2885	2950	179
MF Quicuiu	1247	1036	107	947 ^b	1337 ^a	107
MF Pasto	2622 ^B	2917 ^A	88	2685	2854	88
PMP Festuca	62 ^B	126 ^A	1,92	84 ^b	105 ^a	1,95
IAF Festuca	1,73	2,00	0,12	2,06 ^a	1,66 ^b	0,12
IAF Quicuiu	1,65	1,47	0,13	1,22 ^b	1,90 ^a	0,12
IAF Pasto	3,35	3,48	0,11	3,27 ^b	3,56 ^a	0,11

Variável	Inverno			Manejo Primaveril		
	Altura (cm)	15	20	EPM	AR	PR
DPP Quicuiu	83	18	22	62	38	22
DPP Festuca	2694	2267	458	2258 ^b	2702 ^a	157
DPP Pasto	2833 ^A	2284 ^B	179	2320	2796	179
MF Quicuiu	15	6	4,6	16	5	4,9
MF Festuca	2139 ^B	2940 ^A	114	2652	2427	114
MF Pasto	2168 ^B	2945 ^A	114	2668	2446	113
PMP Festuca	81 ^B	139 ^A	9,35	117	103	9,3

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula ou minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. (P<0,10). *Ausência de rebaixamento. **Presença de rebaixamento. ***Erro padrão da média

Fonte: elaborado pelo autor, 2019.

Tabela 2: Massa de forragem de festuca no verão em pastos de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação, submetidos à lotação intermitente, com duas alturas de manejo em pré-pastejo (15 e 20 cm) e duas estratégias de manejo primaveril (rebaixamento ou não dos pastos).

Manejo Primaveril	Altura (cm)		EPM***
	15	20	
AR*	1428 ^{A b}	2053 ^{A a}	109
PR**	1330 ^{A a}	1376 ^{B a}	117
EPM	105	120	

Valores seguidos da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si (P<0,10). *Ausência de rebaixamento. **Presença de rebaixamento. ***Erro padrão da média.

Fonte: elaborado pelo autor, 2019.

Com relação ao PMP no verão, foi detectado efeito de altura ($P<0,0001$) e manejo primaveril ($P<0,0001$), onde a maior altura de manejo e a utilização do rebaixamento primaveril resultaram em perfilhos de festuca mais pesados (tabela 1). Já para o capim-quicuiu, houve efeito da interação altura*manejo primaveril ($P=0,0264$) sobre o PMP, onde pastos mantidos em altura pré pastejo de 20 cm a aplicação do rebaixamento primaveril proporcionou um aumento de 29% no PMP. Houve ainda um aumento no PMP na maior altura de manejo para os pastos rebaixados na primavera (2,10 vezes superior) e para os pastos cuja estratégia de rebaixamento não foi aplicada (1,59 vezes superior) (tabela 3).

Tabela 3: Peso médio por perfilho (PMP) de capim-quicuiu no verão em patos de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação, submetidos a lotação intermitente, com duas alturas de manejo em pré-pastejo (15 e 20 cm) e duas estratégias de manejo primaveril (rebaixamento ou não dos pastos).

Manejo Primaveril	Altura (cm)		EPM***
	15	20	
AR*	56,82 ^{A b}	90,55 ^{B a}	3,62
PR**	55,54 ^{A b}	116,88 ^{A a}	3,70
EPM	3,32	3,97	

Valores seguidos da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si ($P<0,10$). *Ausência de rebaixamento. **Presença de rebaixamento. ***Erro padrão da média.

Fonte: elaborado pelo autor, 2019.

As alturas de manejo não afetaram o IAF das espécies estudadas no verão, porém pastos rebaixados na primavera reduziram o IAF da festuca em 19,4% ($P=0,0270$), aumentaram o IAF do capim-quicuiu em 55,7% ($P=0,0005$) e apresentaram ainda IAF do pasto 9% superior ($P=0,0811$) em comparação aos pastos cujo manejo primaveril era o não rebaixamento do pasto (tabela 1).

No período do inverno, não houve efeito de altura ($P=0,1038$) e interação altura*manejo primaveril ($P=0,4325$), havendo apenas efeito de manejo primaveril ($P=0,0934$) para a DPP da festuca, onde os pastos de festuca submetidos ao rebaixamento primaveril apresentaram DPP 19% superior aos pastos de festuca não rebaixados. Para o PMP de festuca, houve efeito de altura ($P=0,0046$), com aumento de 42% no PMP dos pastos manejados na maior altura (tabela 1).

A festuca no inverno apresentou maiores massas de forragem em pastos manejados com 20 cm de altura (incremento de aproximadamente 33%), independente da aplicação ou não do rebaixamento primaveril (tabela 1). Durante o inverno, houve efeito de interação altura*manejo primaveril ($P=0,0530$) nos valores de IAF da festuca, onde os pastos manejados com 20 cm que

não foram submetidos ao rebaixamento primaveril apresentaram IAF 30% superior aos demais tratamentos (tabela 4).

Tabela 4: Índice de área foliar de festuca no inverno em pastos de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação, submetidos à lotação intermitente, com duas alturas de manejo em pré-pastejo (15 e 20 cm) e duas estratégias de manejo primaveril (rebaixamento ou não dos pastos).

Manejo Primaveril	Altura (cm)		EPM***
	15	20	
AR*	2,99 ^{A b}	3,96 ^{A a}	0,17
PR**	3,16 ^{A a}	2,95 ^{B a}	0,17
EPM	0,17	0,17	

Valores seguidos da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si ($P<0,10$). *Ausência de rebaixamento. **Presença de rebaixamento. ***Erro padrão da média.

Fonte: elaborado pelo autor, 2019.

6.2 DEMOGRAFIA DO PERFILHAMENTO E ÍNDICE DE ESTABILIDADE POPULACIONAL DE PERFILHOS

A partir da contagem dos perfilhos surgidos e sobreviventes de cada mês ao longo de todo o período experimental criou-se os padrões demográficos do perfilhamento (figura 3). As figuras 3A a 3L demonstram o padrão demográfico de perfilhos de festuca, capim-quicuiu e do pasto das duas espécies para cada tratamento imposto. A festuca, de modo geral, apresentou pouco aparecimento de perfilhos no verão, de modo que sua população foi reduzindo no decorrer dessa estação até meados de maio. No entanto, nos pastos submetidos ao rebaixamento primaveril as gerações de dezembro e janeiro foram mais numerosas do que sem o rebaixamento, principalmente nos pastos manejados com 20 cm. Apesar de não ter sido observada maior população de festuca durante o outono-inverno nos pastos rebaixados, a proporção de perfilhos jovens (surgidos a partir do final da primavera) foi maior nesses tratamentos. A partir de junho houve um pronunciado incremento no número de perfilhos, coincidindo com a estação fria, o que aumentou a participação da festuca na mistura, independente do manejo adotado (figuras 3A, 3D, 3G e 3J).

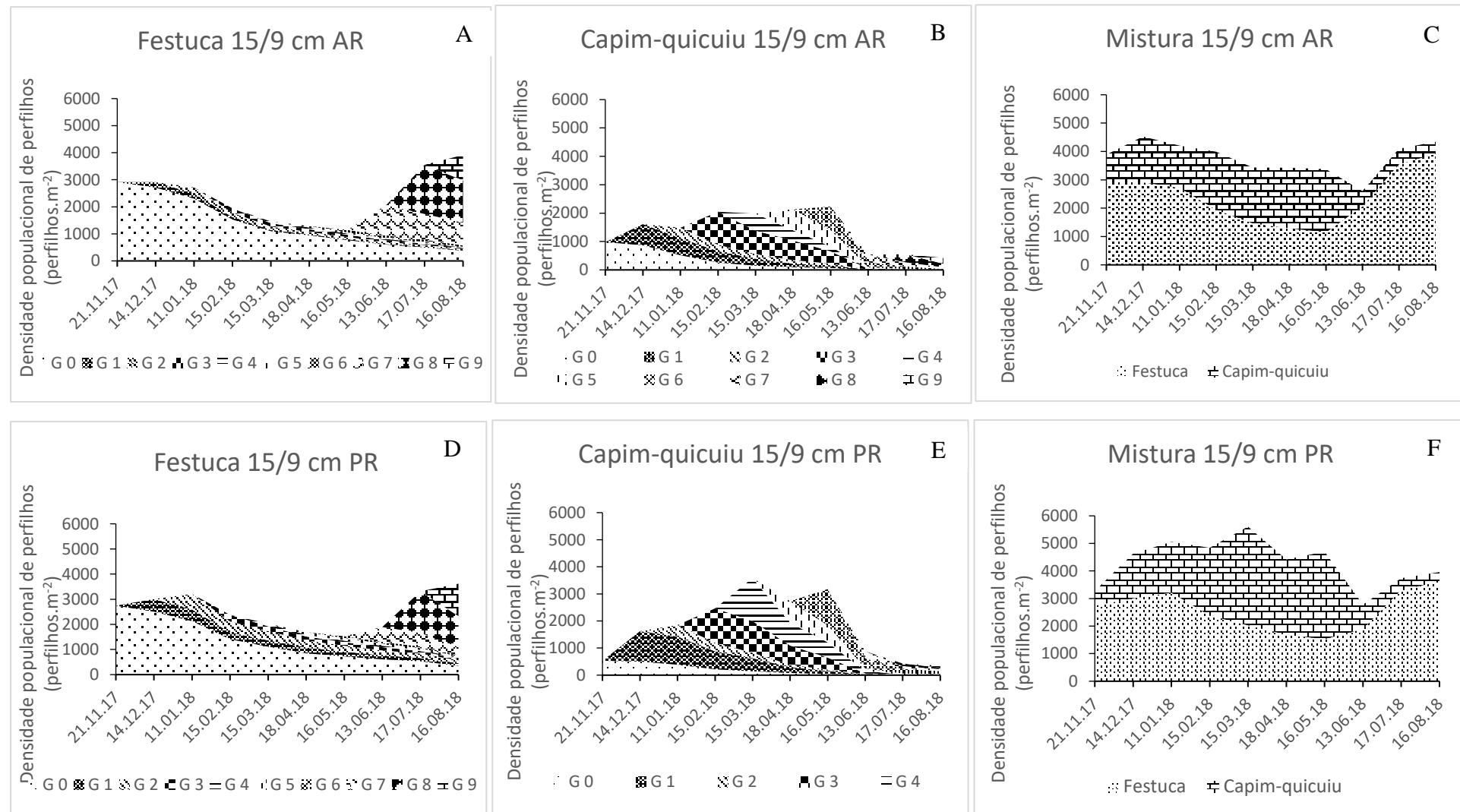
O capim-quicuiu apresentou um aumento significativo no surgimento de perfilhos nos meses mais quentes (Figuras 3B, 3E, 3H e 3K) e uma baixa sobrevivência de perfilhos no início da estação fria (Figuras 4B, 4E, 4H e 4K), coincidindo com a ocorrência das primeiras geadas, independente do manejo adotado. Por outro lado, o manejo primaveril com rebaixamento dos

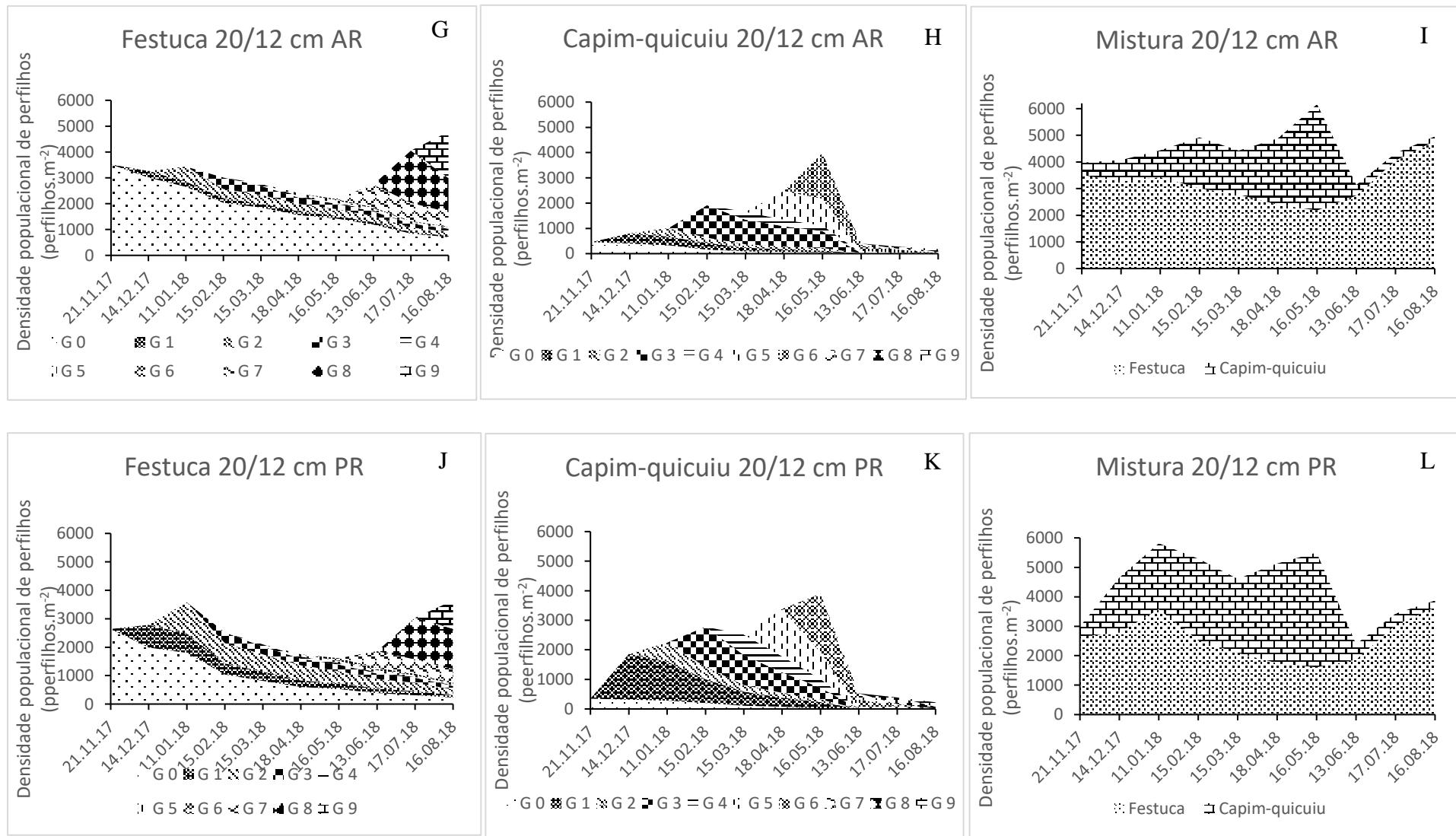
pastos permitiu que gerações numerosas de capim-quicuiu ocorressem a partir de dezembro, enquanto sem o rebaixamento o perfilhamento mais intenso dessa espécie ocorreu a partir de fevereiro (Figuras 3B, 3E, 3H e 3K). Não houve alterações na longevidade dos perfilhos quando aplicado o rebaixamento primaveril, sendo que perfilhos de capim-quicuiu foram menos longevos que perfilhos de festuca em todos os tratamentos, especialmente pela suscetibilidade dos perfilhos de capim-quicuiu ao frio. Nesse sentido, houve pouco ou quase nenhum incremento de perfilhos de capim-quicuiu no inverno, que, aliado à baixa sobrevivência de perfilhos, reduziu a participação desta espécie no consórcio a partir de junho.

A participação total de perfilhos de capim-quicuiu na mistura foi maior nos tratamentos submetidos ao manejo primaveril de rebaixamento dos pastos, principalmente nos pastos manejados com 20 cm. Dessa forma, os pastos rebaixados apresentaram maior proporção de capim-quicuiu durante as estações quentes do que os pastos não rebaixados, resultando em populações de perfilhos próximas a 5.000 perfilhos.m⁻² durante todo o verão-outono, uma vez que as populações de festuca foram pouco afetadas. Contudo, no início da estação fria a participação de capim-quicuiu foi de pouca importância para a população total de perfilhos na mistura, de modo que a festuca correspondeu a mais de 90% dos perfilhos existentes durante o inverno.

A figura 4 demonstra a reduzida taxa de aparecimento de perfilhos de festuca no verão, com pico na Tap no período hibernal, que compreende as gerações 7, 8 e 9, independente do tratamento. Do mesmo modo, a taxa de mortalidade de perfilhos de festuca manteve-se relativamente baixa durante todo período experimental. O capim-quicuiu apresentou maiores taxas de aparecimento de perfilhos durante o verão e também taxas de mortalidade elevadas nesta mesma época, com alta taxa de mortalidade durante o período estival. O índice de estabilidade populacional (figuras 4C, 4F, 4I e 4L, eixo y secundário) demonstra momentos importantes na instabilidade transitória dos pastos com aumento da população em dezembro e redução da população observada em março/abril e junho, seguidos de uma instabilidade com aumento populacional em julho, independente da altura de manejo e da estratégia de manejo primaveril. A população manteve-se estável nos demais meses experimentais.

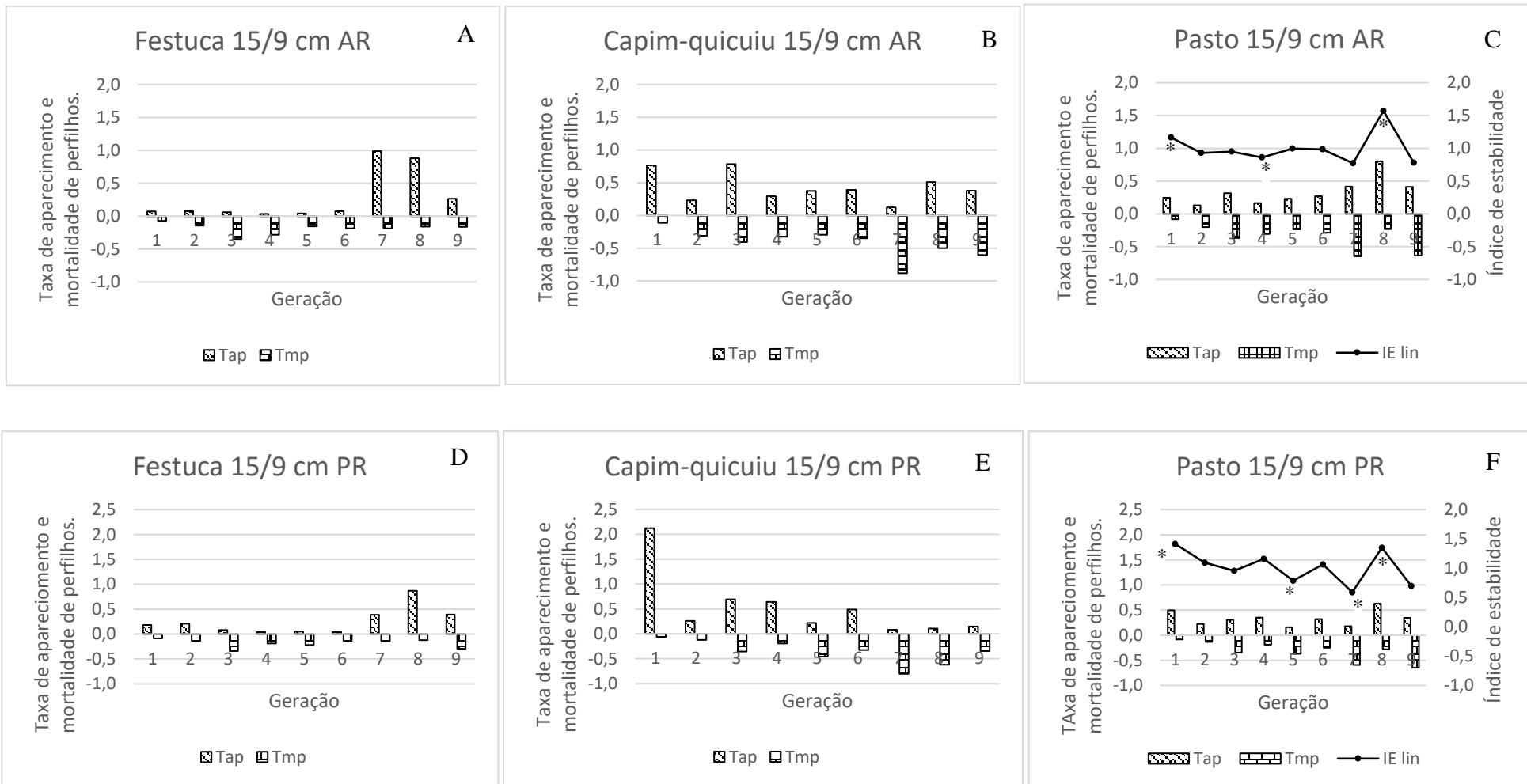
Figura 3: Demografia do perfilhamento em pastos de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação, submetidos a lotação intermitente, com duas alturas de manejo em pré-pastejo (15 e 20cm) e duas estratégias de manejo primaveril (rebaixamento ou não dos pastos).

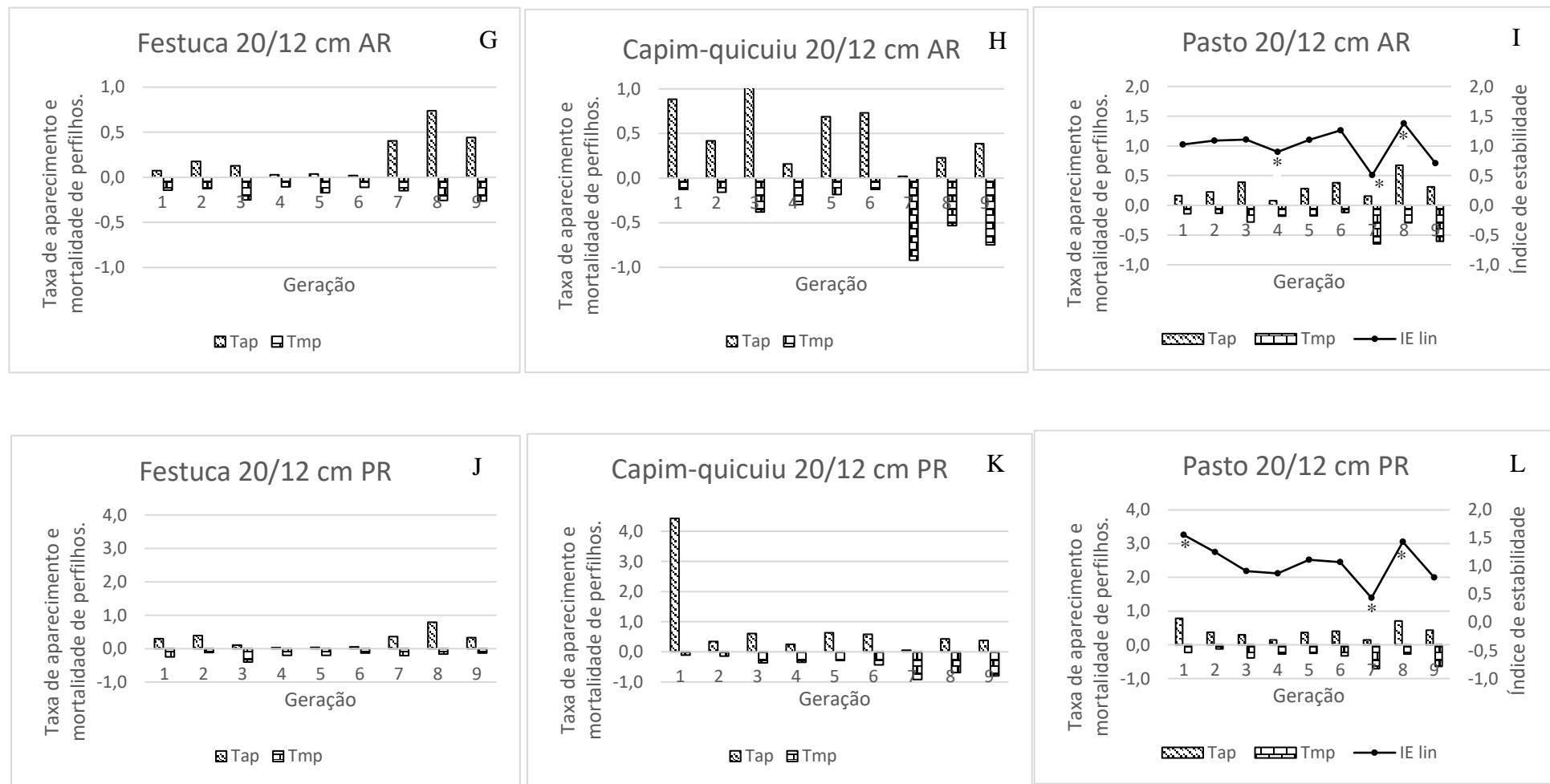




Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Figura 4: Taxa de aparecimento (Tap) e taxa de mortalidade (Tmp) de perfilhos e índice de estabilidade (IE) em pastos de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação, submetidos a lotação intermitente, com duas alturas de manejo em pré pastejo (15 e 20cm) e duas estratégias de manejo primaveril (rebaixamento ou não dos pastos).





Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

7 DISCUSSÃO

7.1 COMPONENTES DE PRODUÇÃO

As metas de altura em pré-pastejo estabelecidas foram efetivamente alcançadas durante todo período experimental (figura 2), de modo que os resultados obtidos estão relacionados com o comportamento das espécies frente ao manejo imposto. Na época de verão, a DPP do capim-quicuiu apresentou um incremento de 23 % no tratamento submetido ao manejo de rebaixamento dos pastos na primavera. A luz é um dos principais fatores que regulam o perfilhamento (DEREGIBUS et al., 1983, 1985) e pastos mantidos em maiores alturas reduzem a entrada de luz na base das plantas, o que acarreta numa diminuição na emissão de novos perfilhos em pastos manejados nessas condições (BIRCHAM e HODGSON, 1983; MATTHEW et al., 1995; PARSONS et al., 1983). Fagundes et al. (1999), trabalhando com tifton-85, florakirk e coastcross confirmaram o exposto, mostrando que aproximadamente apenas 23,5% da radiação incidente era interceptada pelos pastos manejados com 5 cm (chegando a valores críticos de 5% no final do período experimental), enquanto que pastos manejados com 20 cm interceptaram 90% da radiação incidente. Nesse sentido, o rebaixamento aplicado promoveu uma abertura no dossel forrageiro que favoreceu a entrada de luz na base das plantas, possibilitando a ativação das gemas e, consequentemente, a emissão de novos perfilhos de capim-quicuiu, que coincidiu com o momento onde as condições climáticas se encontravam propícias ao desenvolvimento dessa espécie (capim-quicuiu). Já a festuca parece apresentar um padrão de aumento populacional que está mais associado com a temperatura e o fotoperíodo (SAXENA et al., 2014) do que com o manejo sob ela aplicado, sendo pouco responsável as alturas adotadas e ao manejo primaveril de rebaixamento dos pastos.

Algumas espécies vegetais possuem características que possibilitam moldar-se aos diferentes manejos impostos para garantir sua persistência e produção sendo uma dessas características o tamanho de plantas ou tamanho e peso de perfilhos. Uma vez que ocorre redução na DPP do pasto, o PMP aumenta de tal modo que a biomassa não seja alterada (SILSBURY, 1965; NELSON e ZARROUGH, 1981). Esse mecanismo de compensação entre tamanho e densidade de perfilhos independe do sistema de lotação, uma vez que fora observado em sistema de lotação contínua (MATTHEW et al., 1995; HERNÁNDEZ GARAY, MATTHEW e HODGSON, 1999; SBRRISSIA et al., 2001) e também para métodos de lotação intermitente (CALSINA et al., 2011), permitindo que pastos com diferentes estruturas maximizem sua produção por vias distintas: maior quantidade de perfilhos que crescem pouco

individualmente ou menos perfilhos que, por serem maiores, apresentam maiores taxas de crescimento individual (BIRCHAM e HODGSON, 1983; SBRISSIA et al., 2018). Corroborando com esses autores, demonstramos que, para o capim-quicuiu, o aumento no PMP na altura de 20 cm, compensou a menor DPP, acarretando em massa similar para ambas as alturas, onde o número de perfilhos foi inversamente proporcional ao seu peso médio. No entanto, nos tratamentos submetidos ao rebaixamento primaveril houve um acréscimo de aproximadamente 41% na massa de forragem de capim-quicuiu em decorrência dos aumentos concomitantes em DPP e PMP após o rebaixamento.

O índice de área foliar (IAF) aumentou para o capim-quicuiu nos pastos rebaixados na primavera. Possivelmente, a abertura do dossel decorrente de uma maior severidade de desfolhação permitiu uma maior incidência luminosa que favoreceu um aumento em DPP e, consequentemente, aumentou a quantidade de folhas no dossel. Uma vez que o número de folhas vivas por perfilho é relativamente constante para um determinado genótipo de planta, nossos resultados corroboram com Matthew et al. (2000), mostrando que os aumentos em DPP foram os principais responsáveis pelos incrementos no IAF do capim-quicuiu nos pastos rebaixados. Isso é possível devido à grande plasticidade fenotípica do capim-quicuiu (SBRISSIA et al., 2018) que o permite se moldar estruturalmente à distúrbios mais intensos para persistir na área, estratégia que se mostra mais eficiente que o aumento nas taxas de crescimento (WILEN E HOLT, 1996). Por outro lado, a população de festuca durante o verão nos pastos submetidos ao rebaixamento de primavera apresentaram menor IAF, já que estes pastos tiveram seus tecidos foliares removidos em uma época em que quase toda a massa de forragem da mistura era composta por festuca. Sendo assim, pastos submetidos a um distúrbio (desfolha) necessitam se adaptar às mudanças fisiológicas antes de iniciar o processo de crescimento (SBRISSIA e DA SILVA, 2001) que, aliado à um rebaixamento no momento menos favorável ao crescimento da festuca, pode retardar a recuperação do aparato fotossintético removido em meados da primavera.

Com o início da estação fria, a diminuição das temperaturas e a ocorrência de geadas dificultam a manutenção da parte aérea do capim-quicuiu, uma espécie C₄, e favorecem o crescimento da festuca que é uma espécie C₃ mais adaptada à baixas temperaturas (EHLERINGER, 1978; PEARCY; EHLERINGER, 1984). Essa perda de material verde de capim-quicuiu possibilita à festuca ocupar esses espaços preenchidos pelo capim-quicuiu durante o período de verão-outono. O decréscimo no acúmulo de forragem em espécies estivais ocasionado pela diminuição da temperatura (que é um valor relativo para cada grupo de plantas (ÖQUIST, 1983)) e redução do fotoperíodo podem acarretar em perdas de biomassa com a

ocorrência de geadas, fato já amplamente relatado por diversos autores (COOPER, 1964; FORDE; GOW, 1974; COSTA et al., 2003; HACKER; MIQUELOTO, 2018). Por outro lado, o rebaixamento de primavera não prejudicou a DPP nem, tampouco, reduziu a massa de forragem da festuca durante o inverno subsequente. Possivelmente, a utilização de apenas um rebaixamento mais severo não seja prejudicial a festuca quando o fornecimento de recursos para crescimento não sejam limitantes e a pressão de competição seja reduzida, uma vez que espécies de plantas estresse-tolerantes são menos prejudicadas por distúrbios que espécies competitadoras (GRIME, 1974). Outra possível explicação para que a festuca não tenha sido prejudicada pelo rebaixamento primaveril pode ser a manutenção de um “*bud bank*” mais complexo, com gemas axilares de idades muito distintas, em decorrência de perfilhos bastante longevos (DUCHINI et al., 2018), uma vez que são os perfilhos vivos que contribuem com gemas axilares para formação de novos perfilhos (OTT e HARTNETT, 2015a, 2015b), os quais poderão se desenvolver em condições favoráveis.

A mitigação do efeito do rebaixamento no início do período estival sobre a DPP da festuca parece estar relacionado à um efeito de ativação de gemas que é dependente de fotoperíodo (SAXENA et al., 2014) e, possivelmente, de fatores hormonais da planta (YEH, MATCHES e LARSEN, 1976). No entanto, a temperatura parece exercer um reduzido efeito sobre o aumento da população por meio do desenvolvimento de gemas, como observado também por OTT et al. (2016) nas espécies de *Pascopyrum smithii* e *Bromus inermis* (para temperatura média não superior a 24°C) e não sendo, aparentemente, dependente dos diferentes manejos impostos. Como já comentado, a ausência do efeito das alturas de manejo no perfilhamento da festuca pode estar ligado à presença de “*bud banks*”, uma espécie de “reserva de gemas”. Essas gemas são produzidas durante a emissão dos novos fitômeros e formam um importante mecanismo para que as gramíneas possam se recuperar de estresses climáticos e distúrbios (como uma desfolha severa ou geadas, por exemplo) (OTT e HARTNETT, 2015b). O incremento na DPP da festuca no inverno em pastos que foram rebaixados na primavera parece apresentar uma relação com o ligeiro incremento populacional (figuras 3B, 3E, 3H e 3K) observado logo após o rebaixamento. Estes perfilhos são potenciais produtores de gemas, que, pela alta longevidade de perfilhos da festuca (DUCHINI et al., 2018), tornam-se fundamentais para o perfilhamento hibernal. Ainda, a maior DPP e massa de capim-quicuiu (observada no verão) em pastos submetidos ao rebaixamento primaveril são danificados pela ocorrência de geadas, abrindo espaço físico no dossel, podendo estes espaços serem ocupados por novos perfilhos de festuca.

7.2 PERFILHAMENTO

Os padrões demográficos apresentados na figura 3 demonstram um incremento de perfilhos de capim-quicuiu em pastos rebaixados na primavera já nas primeiras gerações, mantendo-se estável até o outono. A festuca também apresentou um ligeiro incremento no número de perfilhos surgidos logo após o rebaixamento primaveril, independente da altura de manejo. Possivelmente, o distúrbio (desfolha) aplicado nestes tratamentos favoreceu a entrada de luz na base do dossel, aumentando a relação entre os espectros de luz vermelho: vermelho distante (MURPHY e BRISKE, 1994), o que contribuiu para o aumento no perfilhamento das duas gramíneas (DEREGIBUS et al., 1983; GAUTIER et al., 1999).

O pico de perfilhamento observado no final do período de crescimento do capim-quicuiu parece ser uma resposta da planta ao início do período de estresse (redução de fotoperíodo e temperatura) como um mecanismo para persistir na área. Santos (2014) também observou aumentos na DPP do capim-quicuiu em abril/maio oriundos de uma maior taxa de aparecimento de perfilhos nesse período. Em nosso experimento, a baixa pluviosidade verificada em abril (figura 1), pode ter postergado esse aparecimento que ocorreu apenas em meados de maio. Isso porque, embora a emissão de folhas e perfilhos sejam reduzidas quando as condições climáticas são desfavoráveis ao crescimento, o desenvolvimento de gemas pode continuar, de modo que, quando restauradas as condições adequadas ao crescimento, pode resultar em aumento nas taxas de aparecimento de folhas (NELSON, 2000) e, possivelmente, de perfilhos. Contudo, é possível que os novos perfilhos surgidos nesse período sejam perfilhos aéreos, de tamanho reduzido, que pouco contribuem para elevar a biomassa total e o potencial produtivo do capim-quicuiu nesse período. Ao transitar para a estação fria, o decréscimo na população de capim-quicuiu após os eventos de geada reduziu sua população de tal modo que pequenos incrementos em perfilhos surgidos nos meses consecutivos acarretaram em aumento nas taxas de aparecimento sem apresentar contribuições significativas para a população total da espécie (MIQUELOTO, 2018), de modo a representarem apenas 1,5% da massa total a partir de junho.

O padrão demográfico de perfilhamento da festuca não apresentou uma diferença significativa entre os tratamentos com redução da população ao transitar-se para o inverno, ocasionado pela reduzida taxa de aparecimento de perfilhos e leves incrementos na taxa de mortalidade de perfilhos. É possível que tal fato tenha ocorrido devido a sensibilidade da festuca para a ativação das gemas e emissão de perfilhos estar relacionada ao menor fotoperíodo e diminuição das temperaturas, como já descrito por (SAXENA et al., 2014) e também possível

ação de fatores hormonais (YEH, MATCHES e LARSEN, 1976). Esse padrão de perfilhamento hibernal da festuca parece ser pouco manipulável por meio de desfolhações (SCHENEITER e AMÉNDOLA, 2012; DUCHINI et al., 2018; MIQUELOTO, 2018).

Os padrões isolados das espécies nas taxas de aparecimento e mortalidade de perfilhos (GARAY, MATTHEW e HODGSON, 1997), indicam um ligeiro incremento da população total de perfilhos dos pastos rebaixados a partir da primeira geração pós rebaixamento. No entanto, a população de perfilhos dos pastos se manteve estável (IE=1) até meados de março, onde, apesar de uma maior mortalidade de perfilhos de festuca neste período ter contribuído para a redução na população total, os aumentos no aparecimento de perfilhos de capim-quinquilho compensaram a redução na população de festuca. Essa alta taxa de mortalidade de perfilhos de festuca possivelmente esteve relacionada a decapitação do meristema apical de perfilhos florescidos (CHAPMAN et al., 1984) no final da primavera e início do verão. Com o início da estação fria, a redução populacional de perfilhos de capim-quinquilho gerou uma diminuição no índice de estabilidade dos pastos que foi restaurada a partir de julho em todos os tratamentos (Figuras 4C, 4F, 4I e 4L). Essa recuperação da população de perfilhos da mistura se deve ao início do período de perfilhamento da festuca ocorrer a partir de junho (DUCHINI et al., 2018; MIQUELOTO, 2018). Essa informação, por si só, não indica perdas produtivas no período estival, uma vez que os valores de biomassa apresentados na tabela 1 demonstram biomassas similares da mistura para as duas estações. Isso é possível, uma vez que, pastos com menor DPP apresentam perfilhos maiores e mais pesados, enquanto que pastos com maior DPP apresentam perfilhos menores e mais leves (SILSBURY, 1965). Sbrissia et al. (2010) afirmaram que reduções pontuais na DPP não simbolizam perdas de perenização e nem perdas produtivas, uma vez que podem ser compensadas pelo tamanho de perfilhos individuais (MATTHEW et al., 1995; SBRISSIA et al., 2003; SANTOS, 2014) de forma a manter a capacidade produtiva dos pastos, desde que perfilhamentos futuros ocorram para renovar a população de perfilhos e evitar sucessivas reduções na DPP.

8 CONCLUSÕES

A coexistência de *Pennisetum clandestinum* (C4) e *Festuca arundinacea* (C3) é possível em regiões de clima subtropical e apresentam complementaridade nos padrões de perfilhamento. Além disso, a utilização de desfolhações severas na primavera permite que o capim-quicuiu possa repovoar a área e contribuir com aumentos na produção de forragem durante o período de verão.

A adoção de um manejo estratégico de rebaixamento dos pastos na primavera, não apenas favorece a reocupação da área por capim-quicuiu, mas também favorece incrementos populacionais de festuca no inverno demonstrando que a adoção de um manejo de remoção da biomassa na primavera é uma importante ferramenta de manejo em pastos de festuca e capim-quicuiu cultivados em associação.

REFERÊNCIAS

- AKIYAMA, K.; MATSUZAKI, K.; HAYASHI, H. Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. **Nature**, v. 435, n. 9, p. 824–827, 2005.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ASSEF, L. C. *Pennisetum clandestinum*, gramínea pouco estudada no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, v. 58, n. 2, p. 215–229, 2001.
- AWAD, A.; EDWARDS, D.; HUETT, D. Seasonal changes in chemical composition of heavily fertilized Kikuyu pasture and their potential effects on the mineral nutrition of grazing cattle. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 19, n. 97, p. 183, 1979.
- BACON, C. W. et al. *Epichloë typhina* from toxic tall fescue grasses. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 34, n. 5, p. 576–581, 1977.
- BAHMANI, I. et al. Tiller dynamics of perennial ryegrass cultivars derived from different New Zealand ecotypes: Effects of cultivar, season, nitrogen fertiliser, and irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 54, n. 8, p. 803–817, 2003.
- BARAZESH, S.; MCSTEEN, P. Hormonal control of grass inflorescence development. **Trends in Plant Science**, v. 13, n. 12, p. 656–662, 2008.
- BIRCHAM, J. S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stoking management. **Grass and Forage Science**, v. 38, p. 323–331, 1983.
- BORER, E. T. et al. Herbivores and nutrients control grassland plant diversity via light limitation. **Nature**, v. 508, n. 7497, p. 517–520, 2014.
- BOTHA, P.; MEESKE, R.; SNYMAN, H. Kikuyu over-sown with ryegrass and clover: dry matter production, botanical composition and nutritional value. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 25, n. 3, p. 93–101, 2008.
- BOUTON, J. H. et al. Yield and Persistence of Tall Fescue in the Southeastern Coastal Plain after Removal of Its Endophyte (AJ). **Agronomy Journal**, v. 85, p. 52–55, 1993.
- BOVAL, M.; DIXON, R. M. The importance of grasslands for animal production and other functions: A review on management and methodological progress in the tropics. **Animal**, v. 6, n. 5, p. 748–762, 2012.
- BOYER, J. S. Plant productivity and environment. **Science**, v. 218, n. October, p. 443–448, 1982.
- BRISKE, D. D. Developmental Morphology and Physiology of Grasses. In: HEITSCHMIDT, R. K.; J. W. STUTH (Eds.). **Grazing Management and Ecological Perspective**. [s.l.] Portland: Timber Press, 1991. p. 85–108.

BRISKE, D. D.; BUTLER, J. L. Density-Dependent Regulation of Ramet Populations Within the Bunchgrass *Schizachyrium Scoparium*: Interclonal Versus Intraclonal Interference. **The Journal of Ecology**, v. 77, n. 4, p. 963–974, 1989.

BUSH, L. P.; BURRUS, P. B. Tall Fescue Forage Quality and Agronomic Performance as Affected by the Endophyte. **Journal of Agricultural Science**, v. 1, n. 1, p. 55, 1988.

CALSINA, L. M. et al. Size/density compensation in *Chloris gayana* Kunth cv. Fine Cut subjected to different defoliation regimes. **Grass and Forage Science**, p. 1–8, 2011.

CALLOW, M. N. A. et al. Dry matter yield, forage quality and persistence of tall fescue (*Festuca arundinacea*) cultivars compared with perennial ryegrass (*Lolium perenne*) in a subtropical environment. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 43, p. 1093–1099, 2003.

CECATO, U. et al. Avaliação de cultivares e linhagens de aveia (*Avena* spp.). **Acta Scientiarum**, v. 20, n. 3, p. 347–354, 1998.

CHAPMAN, D. F. et al. Leaf and tiller or stolon death of *Lolium perenne*, *Agrostis* spp., and *Trifolium repens* in set-stocked and rotationally grazed hill pastures. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 27, n. 3, p. 303–312, 1984.

CLARK, E. M.; WHITE, J. F.; PATTERSON, R. M. Improved histochemical techniques for the detection of *Acremonium coenophialum* in tall fescue and methods of in vitro culture of the fungus. **Journal of Microbiological Methods**, v. 1, p. 149–155, 1983.

CLIFFORD, P. E. Tiller Bud Suppression in Reproductive Plants of *Lolium multiflorum* Lam. Cv. Westerwoldicum. **Annals of Botany**, v. 41, n. 3, p. 605–615, 1977.

COOPER, J. P. Climatic variation in forage grasses. i. leaf development in climatic races of *lolium* and *dactylis*. **The Journal of Applied Ecology**, v. 1, n. 1, p. 45, 1964.

COOPER, J. P. Studies on Growth and Development in *Lolium*: II. Pattern of Bud Development of the Shoot Apex and its Ecological Significance. **The Journal of Ecology**, v. 39, n. 2, p. 228, 1951.

COSTA, D. I. DA et al. Caracterização morfológica e agronômica de *Paspalum dilatatum* Poir. biótipo Virasoro e *Festuca arundinacea* Schreb: 2. Disponibilidade de forragem e valor nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1061–1067, 2003.

CRUZ, P. et al. Une nouvelle approche pour caractériser les prairies naturelles et leur valeur d' usage Présentation * Comment évaluer la valeur des prairies, pour mieux les gérer? **Fourragees**, v. 172, p. 335–354, 2002.

DALGLEISH, H. J. et al. Responses of two bunchgrasses to nitrogen addition in tallgrass prairie: The role of bud bank demography. **American Journal of Botany**, v. 95, n. 6, p. 672–680, 2008.

DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **The Journal of Agricultural Science**, v. 82, n. 01, p. 165, 1974.

- DAVIES, A.; CALDER, D. M. Patterns of Spring Growth in Swards of Different Grass Varieties. **Grass and Forage Science**, v. 24, n. 3, p. 215–225, 1969.
- DAVIES, A.; THOMAS, H. Rates of Leaf and Tiller Production in Young Spaced Perennial Ryegrass Plants in Relation to Soil Temperature and Solar Radiation. **Annals of Botany**, v. 57, n. 5, p. 591–597, 1983.
- DE KROON, H.; KWANT, R. Density-dependent growth responses in two clonal herbs: regulation of shoot density. **Oecologia**, v. 86, n. 2, p. 298–304, 1991.
- DEREGIBUS, V. A.; SANCHEZ, R. A.; CASAL, J. J. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, v. 72, n. 3, p. 900–2, 1983.
- DEREGIBUS, V. A. et al. Tillering Responses to Enrichment of Red Light Beneath the Canopy in a Humid Natural Grassland. **The Journal of Applied Ecology**, v. 22, n. 1, p. 199, 1985.
- DODD, M. B.; BARKER, D. J.; WEDDERBURN, M. E. Plant diversity effects on herbage production and compositional changes in New Zealand hill country pastures. **Grass and Forage Science**, v. 59, n. 1, p. 29–40, 2004.
- DOWNES, R. The effect of temperature on tillering of grain sorghum seedlings. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 19, n. 1, p. 59, 1968.
- DUCHINI, P. G. et al. Experimental evidence that the perennial grass persistence pathway is linked to plant growth strategy. **Plos One**, v. 13, n. 11, p. 1–15, 2018.
- DUCHINI, P. G. et al. Can a Mixture of Perennial Grasses with Contrasting Growth Strategies Compose Productive and Stable Swards? **Agronomy Journal**, v. 3, n. 1, p. 224–232, 2019.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and Senescence of the Successive Leaves on a Cocksfoot Tiller. Effect of Nitrogen and Cutting Regime. **Annals of Botany**, v. 85, n. 5, p. 645–653, 2000a.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and Senescence of the Successive Grass Leaves on a Tiller. Ontogenetic Development and Effect of Temperature. **Annals of Botany**, v. 85, n. 5, p. 635–643, 2000b.
- EHLERINGER, J. R. Implications of quantum yield differences on the distributions of C3 and C4 grasses. **Oecologia**, v. 31, n. 3, p. 255–267, 1978.
- EHRLEN, J.; LEHTILA, K. How perennial are perennial plants? **Oikos**, v. 98, n. 2, p. 308–322, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- ESCALADA, R. G.; PLUCKNETT, D. L. Ratoon Cropping of Sorghum: II. Effect of Daylength and Temperature on Tillering and Plant Development1. **Agronomy Journal**, v. 67, n. 4, p. 479, 1975.

- EVANS, T. R.; HACKER, J. B. An evaluation of the production potential of six tropical grasses. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 32, n. 6, p. 29–37, 1992.
- FAGUNDES, J. L. et al. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1141–1150, 1999.
- FELDMAN, S. R.; LEWIS, J. P. Demographic responses to fire of *Spartina argentinensis* in temporary flooded grassland of Argentina. **Wetlands**, v. 27, n. 4, p. 785–793, 2007.
- FRANZLUEBBERS, A. J.; STUEDEMANN, 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**, v. 28, n. 2, p. 160–172, 2013.
- FRIEND, D. J. C. Tillering and leaf production in wheat as affected by temperature and light intensity. **Canadian Journal of Botany**, v. 43, n. 454, p. 1063–1076, 1965.
- FULKERSON, W. J. et al. Nutrients in ryegrass, white clover and kikuyu pastures in relation to season and stage of regrowth in a subtropical environment. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 38, n. 2, p. 277–240, 1998.
- FULKERSON, W. J. et al. Nutritive value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: Grasses and legumes. **Livestock Science**, v. 107, n. 2–3, p. 253–264, 2007.
- GARAY, A. H.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures: 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 40, n. 1, p. 37–50, 1997.
- GARCÍA, D.; ZAMORA, R. Persistence, multiple demographic strategies and conservation in long-lived Mediterranean plants. **Journal of Vegetation Science**, v. 14, n. 6, p. 921–926, 2003.
- GARWOOD, E. A.; SINCLAIR, J. Use of water by six grass species: 2. Root distribution and use of soil water. **The Journal of Agricultural Science**, v. 93, n. 1, p. 25–35, 1979.
- GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering Responses to the Light Environment and to Defoliation in Populations of Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.) Selected for Contrasting Leaf Length. **Annals of Botany**, v. 83, n. 4, p. 423–429, 1999.
- GIACOMINI, A. A. et al. Components of the leaf area index of marandu palisadegrass swards subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 6, p. 721–732, 2009.
- GIBSON, D. J.; NEWMAN, J. A. *Festuca arundinacea* Schreber (F. elatior L. ssp. *arundinacea* (Schreber) Hackel). **Journal of Ecology**, v. 89, n. 2, p. 304–324, 2001.
- GISLUM, R.; GRIFFITH, S. M. Tiller production and development in perennial ryegrass in relation to nitrogen use. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n. 12, p. 2135–2148, 2004.

- GLENN, S. et al. Quality of tall fescue forage affected by mefluidide. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, n. 2, p. 391–393, 1980.
- GOMIDE, J. A. et al. Effect of plant age and nitrogen fertilization on the chemical composition and in vitro cellulose digestibility of tropical grasses1. **Agronomy Journal**, v. 61, n. 1, p. 116-120, 1969.
- GRIME, J. P. Vegetation classification by reference to strategies. **Nature**, v. 250, n. 5461, p. 26–31, 1974.
- GRIME, J. P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American Naturalist**, v. 111, n. 982, p. 1169–1194, 1977.
- HACKER, J.; FORDE, B.; GOW, J. Simulated frosting of tropical grasses. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 25, n. 1, p. 45, 1974.
- HANNA, W. W. et al. Perennial Pennisetums. In: Al-Amoodi, L.K. et. al. (Eds). **Warm-season (C4) grasses**, Madison – USA. n. 45, 2004, p.503–535.
- HARRISON, M. A; KAUFMAN, P. B. Hormonal regulation of lateral bud (tiller) release in oats (*Avena sativa* L.). **Plant Physiology**, v. 66, n. 6, p. 1123–1127, 1980.
- HECTOR, A. et al. General stabilizing effects of plant diversity on grassland productivity through population asynchrony and overyielding. **Ecology**, v. 91, n. 8, p. 2213–2220, 2010.
- HEIDE, O. M.; HAY, R. K. M.; BAUGERÖD, H. Specific daylength effects on leaf growth and dry-matter production in high-latitude grasses. **Annals of Botany**, v. 55, n. 4, p. 579–586, 1985.
- HERNÁNDEZ GARAY, A.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. **Grass and Forage Science**, v. 54, n. 4, p. 347–356, 1999.
- HODGSON, J. **Herbage production and utilization**. In: HODGSON, J. (Ed.). **Grazing Management: science into practice**. New York: J. Wiley, p. 38-54. 1990.
- HOVELAND, C. S. et al. Association of *Ephichloe typhina* fungal and steer performance on tall fescue pasture. **Agronomy Journal**, v. 72, p. 1064–1065, 1980.
- JEWISS, O. R. Tilerring in grasses - Its significance and control. **Grass and Forage Science**, v. 27, p. 65–82, 1972.
- KNIGHT, R. The Climatic Adaptation of Populations of Cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) From Southern France. **The Journal of Applied Ecology**, v. 10, n. 1, p.1-12, 1973.
- LANGE, M. et al. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. **Nature Communications**, v. 6, p. 1-8, 2015.
- LANGER, R.H.M. **Tillering**. In: LANGER, R.H.M (Ed). **How grasses grow**. London: Edward Arnold, cap.5, p.19-25. 1979.

LANGER, R. H. M. Tillering in herbage grasses. **Herbage Abstracts**, London, v. 33, n. 3, p. 141-148, 1963.

LANGER, R. H. M.; PRASAD, P. C.; LAUDE, H. M. Effects of kinetin on tiller bud elongation in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Development**, v. 37, p. 565-571, 1973.

LEE, M. R. F. et al. Production responses from lambs grazed on lolium perenne selected for an elevated water-soluble carbohydrate concentration. **Animal Research**, v. 50, n. 6, p. 441-449, 2001.

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

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. **Tissue flows in grazed plant communities**. In J. Hodgson and A.W. Illius (ed.), The ecology and management of grazing systems. CABI, United Kingdom. 465p. 1996.

LEOPOLD, A. C. The control of tillering in grasses by auxin. **American Journal of Botany**, v. 36, n. 6, p. 437-440, 1949.

LONGNECKER, N.; KIRBY, E. J. M.; ROBSON, A. Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. **Crop Science**, v. 33, n. 1, p. 154, 1993.

LOWE, K. F.; BOWDLER, I. M. Growth, persistence, and rust sensitivity of irrigated, perennial temperate grasses in the Queensland. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 35, p. 571-578, 1995.

LUPATINI, G. C. et al. Avaliação da mistura de aveia preta e azevém sob pastejo submetida a níveis de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 11, p. 1939-1943, 1998.

MACARI, S. et al. Avaliação da mistura de cultivares de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 910-915, 2006.

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**, v. 40, n. 4, p. 923-940, 2000.

MANNETJE, L. T.; PRITCHARD, A. J. The effect of daylength and temperature on introduced legumes and grasses for the tropics and subtropics of coastal Australia. 1. Dry matter production, tillering and leaf area. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 14, n. 67, p. 173-181, 1974.

MARAIS, J. P. Relationship between nitrogen and other chemical components in kikuyu grass from long-established pastures. **South African Journal of Animal Science**, v. 20, n. 3, p. 147-151, 1990.

MARAIS, J. P. Factors affecting of nutritive value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) - a review. **Tropical Grasslands**, v. 35, p. 65-84, 2001.

- MATTHEW, C. et al. A Modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**, v. 76, n. 6, p. 579–587, 1995.
- MATTHEW, C. et al. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRE, G. et. al., (Eds) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**, Wallingford, CABI publishing, 2000, p. 127–150.
- MATTHEW, C.; SACKVILLE-HAMILTON, N. R. Analysing persistence of grass swards in terms of tiller birth and death. **Pasture Persistence—Grassland Research and Practice**, v. 15, p. 63-68, 2011.
- MCCALLUM, M. H. A. et al. Improved subsoil macroporosity following perennial pastures. **American Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, p. 299–307, 2004.
- MCSTEEN, P. Hormonal regulation of branching in grasses. **Plant Physiology**, v. 149, n. 1, p. 46–55, 2009.
- MEARS, P. T. Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) as a pasture grass. A review. **Tropical Grasslands**, v. 4, n. 2, p. 139–152, 1970.
- MIQUELOTO, T. Dinâmica do perfilhamento e acúmulo de forragem em pastos de *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinacea* cultivados em associação. **Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias**, p. 1-99, 2018.
- MITCHELL, K. J. Influence of light and temperature on the growth of ryegrass (*Lolium* spp.). II. The control of lateral bud development. **Physiologia Plantarum**, v. 6, p.425-443, 1953.
- MOORE, K. J.; MOSER, L. E. Quantifying developmental morphology of perennial grasses. **Crop Science**, v. 35, p. 37–43, 1995.
- MORGAN, J. A. W.; BENDING, G. D.; WHITE, P. J. Biological costs and benefits to plantmicrobe interactions in the rhizosphere. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 417, p. 1729–1739, 2005.
- MORGAN-JONES, G.; GAMS, W. Notes on Hyphomycetes. XLI. An endophyte of *Festuca arundinacea* and the anamorph of *Epichloe typhina*, new taxa in one of two new sections of *Acremonium*. **Mycotaxonomy**. v. 15, sn. p. 311-318, 1982.
- MURPHY, J. S.; BRISKE, D. D. Density-dependent regulation of ramet recruitment by the red:far-red ratio of solar radiation: a field evaluation with the bunchgrass *Schizachyrium scoparium*. **Oecologia**, v. 97, n. 4, p. 462–469, 1994.
- MURPHY, J. S.; BRISKE, D. D. Regulation of tillering by apical dominance: chronology, interpretive value, and current perspectives. **Journal of Range Management**, v. 45, n. 5, p. 419, 1992.
- NAEEM, S. et al. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. **Nature**, v. 368, n. 6473, p. 734–737, 1994.
- NELSON, C.J. Shoot morphological plasticity of grasses: Leaf growth vc. Tillering. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; NABINGER, C. (Ed.)

Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Wallingford: CABI Publishing, cap. 6, p. 101-126, 2000.

NELSON, C.J.; ZARROUGH, K.M. Tiller density and tiller weight as yield determinants of vegetative swards. In: Biannual symposium of plant physiology and herbage production, nottingham, 1981. **Proceedings...** Nottingham: British Grassland Society, 1981. p.25-29.

NEUTEBOOM, J. M.; LANTINGA, E. A. Tillering potential and relationship between leaf and tiller production in perennial ryegrass. **Annals of Botany**, v. 63, n. 3, p. 265–270, 1989.

NIU, S.; LIU, W.; WAN, S. Different growth responses of C3 and C4 grasses to seasonal water and nitrogen regimes and competition in a pot experiment. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 6, p. 1431–1439, 2008.

NORDSTROM, A. et al. Auxin regulation of cytokinin biosynthesis in *Arabidopsis thaliana*: A factor of potential importance for auxin-cytokinin-regulated development. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. 21, p. 8039–8044, 2004.

ONG, C. K.; MARSHALL, C.; SAOAR, G. R. The physiology of tiller death in grasses. 2. Causes of tiller death in a grass sward. **Grass and Forage Science**, v. 33, n. 3, p. 205–211, 1978.

ONG, C.; MARSHALL, C. The growth and survival of severely-shaded tillers in *Lolium perenne* L. **Annals of Botany**, v. 90, n. 2002, p. 1–2, 1979.

ONGARO, V.; LEYSER, O. Hormonal control of shoot branching. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 1, p. 67–74, 2008.

ÖQUIST, G. Effects of low temperature on photosynthesis. **Plant, Cell & Environment**, v. 6, n. 4, p. 281–300, 1983.

OTT, J. P.; BULTER, J. L.; RONG, Y.; XU, L. Invasive and native grass bud outgrowth. **Journal of Plant Ecology**, p. 1–35, 2016.

OTT, J. P.; HARTNETT, D. C. Bud bank dynamics and clonal growth strategy in the rhizomatous grass, *Pascopyrum smithii*. **Plant Ecology**, v. 216, n. 3, p. 395–405, 2015a.

OTT, J. P.; HARTNETT, D. C. Vegetative reproduction and bud bank dynamics of the perennial grass *Andropogon gerardii* in mixedgrass and tallgrass prairie. **American Midland Naturalist**, v. 174, n. 1, p. 14–32, 2015b.

PARSONS, A. J. et al. The physiology of grass production under grazing. **Journal of Applied Ecology**, v. 20, n. 1, p. 127–139, 1983.

PARSONS, A. J.; CHAPMAN, D. F. The principles of pasture growth and utilization. In: HOPKINS A. (Ed.) **Grass: Its Production and Utilisation**, Blackwell Science Ltd, Oxford, UK, p. 31–89, 2000.

PEACOCK, J. M. Temperature and leaf growth in four grass species. **The Journal of Applied Ecology**, v. 13, n. 1, p. 225, 1976.

- PEARCY, R. W.; EHLERINGER, J. Comparative ecophysiology of C3 and C4 plants. **Plant, Cell & Environment**, v. 7, n. 1, p. 1–13, 1984.
- PEARSON, C. J. et al. Responsiveness to seasonal temperature and nitrogen among genotypes of kikuyu, paspalum and bermuda grass pastures of coastal new south wales. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 25, n. 1, p. 109–116, 1985.
- PEDROSO, C. E. DA S. et al. Produção de ovinos em gestação e lactação sob pastejo em diferentes estádios fenológicos de azevém anual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1345–1350, 2004.
- REEVES, M.; FULKERSON, W. J.; KELLAWAY, R. C. Forage quality of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*): The effect of time of defoliation and nitrogen fertiliser application and in comparison with perennial ryegrass (*Lolium perenne*). **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 8, p. 1349–1359, 1996.
- ROBSON, M. J. The Effect of Temperature on the Growth the S. 170 Tall Fescue (*Festuca arundinacea*). I. Constant Temperature. **The Journal of Applied Ecology**, v. 9, n. 2, p. 643, 1972.
- RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. **Ecofisiologia de plantas forrageiras**. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Ed.) Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: POTAFÓS, 1987. cap.12, p.203-230.
- ROSO, C. et al. Produção e qualidade de forragem da mistura de gramíneas anuais de estação fria sob pastejo contínuo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 3, p. 459–467, 1999.
- SANDERSON, M. A. et al. Forage mixture productivity and botanical composition in pastures grazed by dairy cattle. **Agronomy Journal**, v. 97, n. 5, p. 1465–1471, 2005.
- SANDERSON, M. A.; STAIR, D. W.; HUSSEY, M. A. Physiological and morphological responses of perennial forages to stress. **Advances in Agronomy**, v. 59, n. C, p. 171–224, 1997.
- SANTOS, G. T. Dinâmica e compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-quicuiu sob lotação intermitente. Tese. **Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias**. p. 104, 2014.
- SANTOS, P. M.; THORNTON, B.; CORSI, M. Nitrogen dynamics in the intact grasses *Poa trivialis* and *Panicum maximum* receiving contrasting supplies of nitrogen. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 378, p. 2167–2176, 2002.
- SAS INSTITUTE. **SAS User's guide: statistics**. Software Version 9.0. Cary, NC, USA, 2002.
- SAXENA, P. et al. Photoperiod and temperature effects on rhizome production and tillering rate in tall fescue [(Schreb.) Darby.]. **Crop Science**, v. 54, n. 3, p. 1205, 2014.
- SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: SBZ, p.731-754, 2001.

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**, v. 58, n. 2, p. 945–954, 2018.

SBRISSIA, A. F. et al. Tiller size/density compensation in grazed Tifton 85 bermudagrass swards. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 38, n. 12, p. 1459–1468, 2003.

SBRISSIA, A. F. et al. Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. **Plant Ecology**, v. 206, n. 2, p. 349–359, 2010.

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**, v. 67, n. 3, p. 426–436, 2012.

SILSBURY, J. H. Interrelations in the growth and development of lolium. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 16, n. 6, p. 903–913, 1965.

SILVA, J. F.; CASTRO, F. Fire, growth and survivorship in a Neotropical savanna grass *Andropogon semiberbis* in Venezuela. **Journal of Tropical Ecology**, v. 5, n. 04, p. 387 – 400, 1989.

SKINNER, R. H.; NELSON, C. J. Effect of tiller trimming on phyllochron and tillering regulation during tall fescue development. **Crop Science**, v. 34, n. 5, p. 1267–1273, 1994.

SKINNER, R. H.; NELSON, C. J. Estimation of potential tiller production and site usage during tall fescue canopy development. **Annals of Botany**, v. 70, n. 6, p. 493–499, 1992.

SODER, K. J. et al. Intake and performance of lactating cows grazing diverse forage mixtures. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 6, p. 2158–2167, 2006.

SPEHN, E. M. et al. Above-ground resource use increases with plant species richness in experimental grassland ecosystems. **Functional Ecology**, v. 14, p. 326–337, 2000.

SWANEPOEL, P. A. et al. Impact of cultivation method on productivity and botanical composition of a kikuyu–ryegrass pasture. **African Journal of Range and Forage Science**, v. 31, n. 3, p. 215–220, 2014.

SWANEPOEL, P. A. et al. Grass and Forage Science Tillage effects, soil quality and production potential of kikuyu – ryegrass pastures in South Africa. **Grass and Forage Science**, s.v., s.n., p. 1–14, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013. 954p.

TAS, B. M. et al. Utilisation of N in perennial ryegrass cultivars by stall-fed lactating dairy cows. **Livestock Science**, v. 100, n. 2–3, p. 159–168, 2006.

TAYLOR, A. O.; ROWLEY, J. A.; HUNT, B. J. Potential of new summer grasses in Northland. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 19, n. 2, p. 127–133, 1976.

TEKELİ, A. S.; ATEŞ, E. Yield potential and mineral composition of white clover (*Trifolium repens* L.)-tall fescue (*Festuca arundinacea* schreb.) Mixtures. **Journal of Central European Agriculture**, v. 6, n. 1, p. 27–34, 2005.

- TILMAN, D. Secondary succession and the pattern of plant dominance along experimental nitrogen gradients. **Ecological Monographs**, v. 57, n. 3, p. 189–214, 1987.
- TILMAN, D.; POLASKY, S.; LEHMAN, C. Diversity, productivity and temporal stability in the economies of humans and nature. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 49, n. 3, 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.; WEDIN, D.; KNOPS, J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. **Nature**, v. 379, n. 6567, p. 718–720, 1996.
- TONETTO, C. J. et al. Weight Gain and Carcass Characteristics of Lambs Finished in a Natural Supplemented Pasture, Ryegrass Pasture (*Lolium multiflorum* Lam.) and Feedlot. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 225–233, 2004.
- TRACY, B. F.; SANDERSON, M. A. Forage productivity, species evenness and weed invasion in pasture communities. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 102, n. 2, p. 175–183, 2004.
- VALK, H.; KAPPERS, I. E.; TAMMINGA, S. In sacco degradation characteristics of organic matter, neutral detergent fibre and crude protein of fresh grass fertilized with different amounts of nitrogen. **Animal Feed Science and Technology**, v. 63, n. 1–4, p. 63–87, 1996.
- VAN VUREN, A. M. et al. Protein Digestion and Intestinal Amino Acids in Dairy Cows Fed Fresh *Lolium perenne* with Different Nitrogen Contents. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 8, p. 2215–2225, 1992.
- VAN VUREN, A. M.; TAMMINGA, S.; KETELAAR, R. S. In sacco degradation of organic matter and crude protein of fresh grass (*Lolium perenne*) in the rumen of grazing dairy cows. **The Journal of Agricultural Science**, v. 116, n. 3, p. 429–436, 1991.
- VITOR, C. M. T. et al. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 435–442, 2009.
- VOLAIRE, F.; NORTON, M. R.; LELIÈVRE, F. Summer drought survival strategies and sustainability of perennial temperate forage grasses in mediterranean areas. **Crop Science**, v. 49, n. 6, p. 2386–2392, 2009.
- VOLAIRE, F.; THOMAS, H.; LELIÈVRE, F. Survival and recovery of perennial forage grasses under prolonged Mediterranean drought: I. Growth, death, water relations and solute content in herbage and stubble. **New Phytologist**, v. 140, p. 439–449, 1998.
- WARRINGA, J. W.; KREUZER, A. D. H. The effect of new tiller growth on carbohydrates, nitrogen and seed yield per ear in *Lolium perenne* L. **Annals of Botany**, v. 78, n. 6, p. 749–757, 1996.
- WEST, C. P. et al. Endophyte effects on growth and persistence of tall fescue along a water-supply gradient. **Agronomy Journal**, v. 85, n. 2, p. 264–270, 1993.

WHITNEY, A. S. Growth of kikuyugrass (*Pennisetum clandestinum*) under clipping. II. regrowth characteristics in relation to nitrogen fertilization and climate. **Agronomy Journal**, v. 66, n. 6, p. 763–768, 1974a.

WHITNEY, A. S. Growth of kikuyugrass (*Pennisetum clandestinum*) under clipping. I. effects of nitrogen fertilization, cutting interval, and season on yields and forage Characteristics. **Agronomy Journal**, v. 66, n. 2, p. 281–287, 1974b.

WILEN, C. A.; HOLT, J. S. Physiological mechanisms for the rapid growth of *Pennisetum clandestinum* in Mediterranean climates. **Weed Research**, v. 36, n. 3, p. 213–225, 1996.

YEH, R. Y.; MATCHES, A. G.; LARSEN, R. L. Endogenous Growth Regulators and Summer Tillering of Tall Fescue. **Crop Science**, v. 16, p. 409–413, 1976.

ZARROUGH, K. M.; NELSON, C. J.; SLEPER, D. A. Interrelationships between rates of leaf appearance and tillering in selected tall fescue populations. **Crop Science**, v. 24, n. 3, p. 565, 1984.