

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Departamento de Fitotecnia
Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes



Tese

**Produção de sementes de azevém BRS Ponteio submetido a intensidades de
pastejo, épocas de diferimento e adubação nitrogenada em integração lavoura-
pecuária**

Leonardo Alves Martins

Pelotas, 2021.

Leonardo Alves Martins

Produção de sementes de azevém BRS Ponteio submetido a intensidades de pastejo, épocas de diferimento e adubação nitrogenada em integração lavoura-pecuária

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo da Silva Pedroso

Coorientador: Dr. Gustavo Martins da Silva

Pelotas, 2021.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

M379p Martins, Leonardo Alves

Produção de sementes de azevém BRS Ponteio submetido a intensidades de pastejo, épocas de diferimento e adubação nitrogenada em integração lavoura- pecuária / Leonardo Alves Martins ; Carlos Eduardo da Silva Pedroso, orientador ; Gustavo Martins da Silva, coorientador. — Pelotas, 2021.

93 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. Pastejo. 2. Nitrogênio. 3. Soja. 4. Qualidade de sementes. I. Pedroso, Carlos Eduardo da Silva, orient. II. Silva, Gustavo Martins da, coorient. III. Título.

CDD : 631.521

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Banca examinadora:

Prof. Dr. Carlos Eduardo da Silva Pedrosa (Orientador)
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Carlos Henrique Silveira Rabelo (UFPel)
Doutor em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista.

Prof. Dr. Otoniel Getter Lauz Ferreira (UFPel)
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Filipe Selau Carlos (UFPel)
Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Dr. Jamir Luís Da Silva Silva (SIABrasil)
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa

Dra. Gabriela da Silveira Duarte (SEPLAN)
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

Dedico este trabalho ao amigo, mestre e ilustre orientador Professor Carlos Eduardo da Silva Pedroso, sem o qual este trabalho não seria possível. O tenho como modelo de professor e ser humano.

Agradecimentos

Ao professor e amigo Dr. Carlos Eduardo da Silva Pedroso, pela gigantesca oportunidade, valiosos ensinamentos, compreensão, generosidade, ajuda, paciência, gentileza e inestimável convívio. Tenho extrema honra e orgulho de ser seu orientado.

À amiga Michele Kae, por acreditar e antever que este sonho era possível. Agradeço de coração por todo carinho, compreensão, motivação e amizade neste caminho.

Ao Dr. Gustavo Martins da Silva, pela enorme oportunidade, valiosa pelos ensinamentos, generosidade, conhecimento, honestidade, atenção e ricos conselhos.

À amiga, Dra. Gabriela Duarte, pela amizade desde a 3ª série e correção do manuscrito.

À minha namorada, Dra. Eloisa Bianchi, pelo amor, carinho e apoio em todos os momentos.

À EMBRAPA Pecuária Sul (Bagé), funcionários e pesquisadores, e em especial ao amigo Rodison Sisti Natividade e demais amigos das forrageiras.

À Dra. Andrea Martins, pela sua inestimável ajuda durante a pós.

Aos professores Dr. Carlos Henrique Silveira Rabelo, Dra. Carla Joice Harter e Dr. Steven Dutt Ross pela paciência, disponibilidade e inestimável auxílio com a análise dos dados.

À sociedade de meu país, representada pela CAPES, pela bolsa concedida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da UFPEL/FAEM.

Aos colegas de Pós-Graduação Raimunda e Gabriel.

À minha família, pelo apoio e incentivo nesta caminhada.

Resumo

MARTINS, Leonardo Alves. Produção de sementes de azevém BRS Ponteio submetido a intensidades de pastejo, épocas de diferimento e adubação nitrogenada em integração lavoura-pecuária. 2021. 93f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

O objetivo do trabalho foi avaliar a produção de sementes de azevém em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) com sucessão azevém-soja. Os tratamentos consistiram em duas intensidades de pastejo (moderada e alta, através do controle da altura da pastagem, respectivamente acima de 15cm e abaixo de 10cm), duas épocas de diferimento (morte do perfilho principal e início do florescimento) e quatro doses de nitrogênio (N) (0, 25, 50 e 75kg.ha⁻¹) após a saída dos animais, em blocos ao acaso com duas repetições. O experimento foi realizado na Embrapa Pecuária Sul-Bagé, entre os anos de 2016 e 2018. A pastagem de azevém foi estabelecida via ressemeadura natural, o pastejo foi realizado por terneiras e a soja foi semeada logo após a colheita das sementes de azevém. O pastejo até o florescimento resultou em maior desempenho animal por área (242kg.ha⁻¹ – p=0,015). Após o pastejo intenso até o início do florescimento, houve resposta linear para o rendimento de sementes com o avanço da dose de N (75kg.ha⁻¹ de N – 847kg.ha⁻¹ de sementes). O rendimento de soja não foi afetado pelo N aplicado logo após o diferimento, pela intensidade, nem pelas épocas de diferimento (2.077kg.ha⁻¹ de grãos de média). Portanto, a proposta de manejo mais intenso resultou em maior produtividade do sistema (maior intensidade de pastejo e período de pastejo e maiores doses de N). Todavia, o pastejo moderado por maior período, determinou maior desempenho por animal (890g.animal.dia⁻¹ – p=0,045), e determinou sementes de azevém mais pesadas (PMS =1,79g – p=0,025), e melhor estabelecimento da soja. Após o pastejo moderado a massa aérea de plantas de soja, em V4, foi de 289kg.ha⁻¹ (p=0,003), enquanto após o pastejo intenso foi de 190kg.ha⁻¹. O pastejo até a morte do perfilho principal resultou, também, em melhor estabelecimento da soja (296kg.ha⁻¹ – p=0,048) em relação ao período mais longo de pastejo (184kg.ha⁻¹), porém sem afetar a produtividade de grãos. A maior intensidade de exploração deste sistema resulta em maior produtividade, tanto animal quanto de sementes de azevém, sem afetar o rendimento da soja em sucessão. Em termos produtivos é a melhor opção de manejo, no entanto, salienta-se o pior estabelecimento da cultura da soja após maior intensidade de pastejo e diferimento no florescimento do azevém. O pastejo moderado favorece maior ganho de peso individual e maior peso de sementes de azevém, bem como a sustentabilidade do sistema produtivo, evidenciada pelo melhor estabelecimento da soja. Este manejo determinou maior qualidade dos produtos analisados.

Palavras-chave: pastejo; nitrogênio; soja; qualidade de sementes

Abstract

MARTINS, Leonardo Alves. **BRS Ponteio annual ryegrass seed production submitted to grazing intensities, deferment periods and nitrogen fertilization in crop-livestock system.** 2021. 93f. Thesis (Doctoral Degree in Science) – Graduate Program in Science and Seed Technology, Agronomy Faculty Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2021.

The objective of this work was to evaluate the production of ryegrass seeds in an integrated crop-livestock system (ICL) with ryegrass-soybean succession. The treatments consisted of two grazing intensities (moderate and high, by controlling the pasture height, respectively above 15cm and below 10cm), two deferment periods (main tiller death and beginning of flowering) and four doses of nitrogen (N) (0, 25, 50 and 75kg.ha⁻¹) after leaving the animals, in randomized blocks with two replications. The experiment was carried out at Embrapa Pecuária Sul-Bagé, between 2016 and 2018. Annual ryegrass pasture was established through natural reseeding, the grazing was carried out by calves and the soybean was sown soon after the annual ryegrass seed harvest. Grazing until flowering resulted in higher animal performance per area (242kg.ha⁻¹ – p=0.015). After intense grazing until the beginning of flowering, there was a linear response for seed yield with the advance of the N dose (75kg.ha⁻¹ of N – 847kg.ha⁻¹ of seeds). Soybean yield was not affected by N applied soon after deferment, intensity, or deferment periods (2,077kg.ha⁻¹ grains average). Therefore, the proposal for more intense management resulted in higher system productivity (greater grazing intensity and grazing period and higher N doses). However, moderate grazing for a longer period, determined greater performance per animal (890g.animal.day⁻¹ – p=0.045), and determined heavier ryegrass seeds (PMS =1.79g – p=0.025), and better establishment of soybean. After moderate grazing, the aerial mass of soybean plants, in V4, was 289kg.ha⁻¹ (p=0.003), while after intense grazing it was 190kg.ha⁻¹. Grazing to main tiller death also resulted in better soybean establishment (296kg.ha⁻¹ – p=0.048) in relation to the longer grazing period (184kg.ha⁻¹), but without affecting grains productivity. Greater intensity of exploitation of this system results in greater productivity, both animal and ryegrass seeds, without affecting the yield of soybeans in succession. In terms of production, it is the best management option, however, the worst establishment of the soybean crop is highlighted after high grazing intensity and deferment at flowering. Moderate grazing intensity favors greater individual weight gain and greater weight of annual ryegrass seeds, as well as system sustainability, evidenced by better soybean establishment. This management determined higher quality analyzed products.

Keywords: grazing; nitrogen, soybean, seed quality

Lista de Figuras

Figura 1	Precipitação mensal acumulada durante os anos de 2016 e 2018, e médias históricas correspondente ao período de 1981-2010. Fonte: Estação Climatológica Embrapa Pecuária Sul, Bagé-RS, INMET.....	35
Figura 2	Temperatura média mensal durante os anos de 2016 e 2018, e médias históricas correspondente ao período de 1981-2010. Fonte: Estação Climatológica Embrapa Pecuária Sul, Bagé-RS, INMET.....	36
Figura 3	Área experimental e divisão dos tratamentos.....	37
Figura 4	Altura média da pastagem avaliada semanalmente sob duas intensidades de pastejo até o momento dos diferimentos na morte do perfilho principal e no início do florescimento em 2017..	38
Figura 5	Interação entre intensidade de pastejo e doses de nitrogênio na produtividade de sementes de azevém.....	53
Figura 6	Biomassa aérea de azevém no momento da colheita de sementes.....	54

Lista de Tabelas

Tabela 1	Histórico de cultivos na área experimental.....	37
Tabela 2	Datas de início e final do período de pastejo nos anos de 2016 e 2017.....	39
Tabela 3	Características estruturais do azevém na primeira época de diferimento (morte do perfilho principal) para as intensidades de pastejo moderada e alta.....	47
Tabela 4	Massa de forragem na primeira época de diferimento (morte do perfilho principal) para as intensidades de pastejo moderada e alta..	48
Tabela 5	Características estruturais do azevém na segunda época de diferimento (florescimento) para as intensidades de pastejo moderada e alta.....	49
Tabela 6	Massa de forragem na segunda época de diferimento (florescimento) para as intensidades de pastejo moderada e alta.....	50
Tabela 7	Ganho de peso ($\text{kg}\cdot\text{animal}^{-1}$), ganho por hectare ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e ganho médio diário ($\text{kg}\cdot\text{animal}\cdot\text{dia}^{-1}$) de bovinos em pastagem de azevém em duas intensidades de pastejo.....	51
Tabela 8	Ganho de peso ($\text{kg}\cdot\text{animal}^{-1}$), ganho por hectare ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e ganho médio diário ($\text{kg}\cdot\text{animal}\cdot\text{dia}^{-1}$) de bovinos em pastagem de azevém em duas épocas de diferimento.....	52
Tabela 9	Interação entre intensidades de pastejo e épocas de diferimento para o número de perfilhos férteis. m^{-2} em 2017.....	56
Tabela 10	Comprimento médio de perfilhos (cm) em duas intensidades de pastejo.....	57
Tabela 11	Comprimento médio de perfilhos (cm) e de espigas (cm) em duas épocas de diferimento.....	57
Tabela 12	Peso de mil sementes para duas intensidades de pastejo em 2017..	58
Tabela 13	Teste de emergência à campo para duas intensidades de pastejo...	59
Tabela 14	Valores médios de viabilidade e vigor de sementes de azevém na interação entre duas intensidades de pastejo, duas épocas de diferimento e quatro doses de nitrogênio.....	60
Tabela 15	Massa seca da parte aérea de soja no estádio V4 para duas intensidades de pastejo em 2018.....	61
Tabela 16	Massa seca da parte aérea de soja no estádio V4 para duas épocas de diferimento da pastagem em 2018.....	61
Tabela 17	Componentes de rendimento da soja após duas intensidades de pastejo em 2018.....	62
Tabela 18	Receita bruta ($\text{R}\$\cdot\text{ha}^{-1}$) de soja ($\text{sc}\cdot\text{ha}^{-1}$), sementes de azevém ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e ganho de peso por área ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em sistema de integração lavoura-pecuária em duas intensidades de pastejo e duas épocas de diferimento.....	63

Sumário

1	Introdução.....	10
2	Revisão da Literatura.....	12
2.1	Integração Lavoura-Pecuária.....	12
2.2	Origem e descrição morfológica de <i>Lolium multiflorum</i> (Lam.).....	16
2.3	Características Agronômicas.....	18
2.4	Intensidade de Pastejo.....	21
2.5	Diferimento.....	24
2.6	Produção de sementes.....	25
2.7	Impacto da aplicação de nitrogênio na produção de sementes.....	26
2.8	Qualidade de sementes.....	30
3	Material e Métodos.....	34
3.1	Histórico da área.....	36
3.2	Delineamento experimental e variáveis analisadas.....	37
3.3	Análise estatística.....	44
4	Resultados e Discussão.....	47
4.1	Massa e estrutura da pastagem ao final do período de pastejo.....	47
4.2	Desempenho animal.....	51
4.3	Produção de sementes de azevém.....	52
4.4	Qualidade de sementes de azevém.....	59
4.5	Fase soja.....	61
4.6	Resultado econômico simplificado.....	63
4.7	Sistema Integrado Lavoura-Pecuária-Sementes.....	64
5	Conclusões.....	67
	Referências Bibliográficas.....	68
	Apêndice.....	91

1 Introdução

O cultivo da soja apresenta crescimento expressivo no Rio Grande do Sul (RS) nos últimos anos, chegando a 5,9 milhões de hectares cultivados na safra 2019/2020 e com previsão de crescimento para a safra 2020/2021 (CONAB, 2021a). Desde 2010, a área cultivada com a oleaginosa aumentou aproximadamente dois milhões de hectares no estado (CONAB, 2021b), e grande parte deste avanço ocorreu na metade sul (EMATER, 2021).

No RS, especialmente na Região da Campanha, historicamente a principal atividade foi a pecuária de corte baseada no sistema alimentar com pastagem nativa. A soja vem ocupando espaço de pastagens nativas, mas sem causar redução no rebanho bovino, que se mantém estável nos últimos anos (NESPRO e EMBRAPA, 2018).

A estabilidade do rebanho bovino mesmo com a diminuição da área de pastagens nativas é proporcionada pela adoção do sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP). Este sistema integra atividades agrícolas e pecuárias, na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado. Os sistemas de produção integrados buscam efeitos sinérgicos entre os componentes produtivos, com a produção integrada entre agricultura e pecuária viabilizando resultados mais expressivos do que a soma destas atividades trabalhadas de forma isolada.

No sistema ILP, o cultivo de pastagens anuais temperadas, como azevém, adquire papel de protagonismo. A sucessão soja-azevém apresenta elevado potencial produtivo, pois além da qualidade nutricional, o azevém possui boa produção de forragem e palhada, e ciclo compatível para exploração com pastejo em sucessão a soja.

Desta forma, o cultivo de azevém acompanha o crescimento da oleaginosa, o que gera aumento na demanda de sementes. Mesmo que a cultura possa ser estabelecida via ressemeadura natural, o manejo com aplicação de herbicidas para formação da palhada impede que as plantas consigam atingir o estágio reprodutivo e produzir sementes.

A relevância do sistema ILP resulta tanto dos benefícios na conservação do solo a partir do plantio direto, como oriundo dos animais, que promovem aumento da ciclagem de nutrientes e sequestro de carbono a partir da desfolha e estímulo a produção de forragem. Aliado aos benefícios ao ambiente, o sistema possibilita

aumento da renda do produtor com a produção de carne e grãos na mesma área. Tendo como premissas a sustentabilidade e lucratividade dos sistemas integrados, a produção de sementes de azevém pode ser uma alternativa importante.

A produção de sementes de azevém possui características que a tornam compatível com o sistema ILP. No manejo de produção de sementes de azevém, a desfolha, seja por corte ou pastejo, é fundamental para estimular a formação de novos perfilhos férteis e uniformizar a época de florescimento.

Mas para integrar a produção de sementes de azevém ao sistema ILP é preciso avançar no manejo da pastagem com foco na produção de sementes. A intensidade de pastejo e a época de diferimento são fatores fundamentais, pois podem afetar o rendimento e qualidade das sementes. A forma de condução do sementeiro, bem como a recuperação das plantas após pastejo ainda carecem de maior investigação, especialmente quanto a utilização da adubação nitrogenada na produção e qualidade de sementes de azevém.

Portanto, a hipótese de pesquisa é verificar se a intensidade de pastejo, o período de pastejo e a adubação nitrogenada afetam a produção e qualidade de sementes de azevém. O trabalho tem por objetivo avaliar o efeito de duas intensidades de pastejo, duas épocas de diferimento e a aplicação de doses de nitrogênio na produção de sementes de azevém em sistema ILP, e o impacto no desempenho animal e produtividade de soja.

2 Revisão da Literatura

2.1 Integração lavoura-pecuária

Em razão de questões comerciais e pressões econômicas, ocorreu aumento da produção de culturas específicas em grande escala (PEYRAUD et al., 2014). Os sistemas agrícolas especializados em monoculturas acabam por reduzir a diversidade e aumentar custos com a utilização de insumos. Nesse sentido, o emprego de sistemas integrados promovem maior sustentabilidade de produção por englobar várias práticas, como rotação de culturas, culturas de cobertura, e a integração entre lavoura e pecuária (SANDERSON et al., 2013).

Segundo Moraine et al. (2014), a integração lavoura-pecuária (ILP) representa um modelo de agricultura sustentável por aumentar a eficiência na utilização de recursos e da terra, principalmente pela reciclagem de nutrientes. Corroborando, Franzluebbbers et al. (2014) afirmam que o sistema ILP pode aumentar a quantidade e qualidade da produção, além de elevar a qualidade ambiental.

Ao analisar os efeitos do sistema ILP em regiões temperadas da América do norte e do sul, Franzluebbbers et al. (2013) elencam como principais resultados o aumento da produção de grãos em sucessão a pastagens, aumento da matéria orgânica do solo em camadas superficiais e aumento da infiltração de água. Segundo os autores, estes benefícios promovem a resiliência do ambiente por aumentar a capacidade produtiva a longo prazo.

A partir das vantagens produtivas e serviços ambientais, o sistema ILP se apresenta como uma alternativa para reduzir os impactos das mudanças climáticas na agricultura (GHAHRAMANI e MOORE, 2016; THAMO et al., 2017). Segundo Sá et al. (2017), um dos principais serviços ambientais do sistema ILP é o elevado potencial de sequestro de carbono (C). Essas vantagens são decorrentes do contínuo crescimento de plantas na área e pela elevada velocidade de ciclagem de nutrientes, que retornam ao solo via fezes e urina, estando disponíveis para as plantas em curto período (BALBINOT JUNIOR et al., 2009).

Entretanto, muitos produtores temem utilizar a área com pastejo devido ao risco de compactação pelo pisoteio, e possível impacto negativo na cultura sucessora. Quando em excesso, a pressão exercida pelo casco dos animais pode aumentar a densidade do solo e causar impedimento ao crescimento de raízes na camada

superficial (MOREIRA et al., 2012). Porém, este é um tema complexo, pois a susceptibilidade do solo a deformações depende de vários fatores, como tipo do solo, estado inicial de compressão e teor de umidade (AN et al., 2014).

Segundo Carvalho et al. (2018), o sistema ILP tem como objetivo criar e aumentar o sinergismo entre a agricultura e a pecuária, e o solo manifesta as consequências do manejo empregado. A forma de utilização do sistema ILP tem influência distinta nas propriedades do solo, de acordo com o uso do solo e práticas de manejo (BERTOLAZI et al., 2017; LEVINSKI-HUF e KLEIN, 2018).

Segundo Buller et al. (2014), a manutenção da cobertura do solo com forrageiras diminui a erosão, e o crescimento das raízes melhora a estrutura do solo, com sua decomposição aumentando a porosidade (ZÚÑIGA et al., 2014). Além disso, o pastejo promove maior ciclagem de fósforo, com melhor utilização do nutriente tanto pela pastagem como pela cultura sucessora (COSTA et al., 2013). Desta forma, o impacto que o pastejo pode provocar nos atributos do solo dependem do manejo empregado, especialmente da intensidade de pastejo (MOREIRA et al., 2014).

Conforme verificado por Bonetti et al. (2019), a utilização de intensidades moderadas de pastejo promove maior infiltração de água e reduz a degradação do solo devido a cobertura provida pelas plantas forrageiras. Já maiores intensidades de pastejo podem resultar em efeitos contrários, com aumento da compactação da camada superficial, e conseqüente redução na capacidade de armazenamento de água e ar (MOREIRA et al., 2014).

Ao analisar o efeito de sistema ILP de longa duração, com utilização de aveia preta e azevém sucedida por soja, Cecagno et al. (2016) verificaram que maiores intensidades de pastejo promoveram compactação da camada superficial do solo. Entretanto este quadro pode ser revertido a partir da regeneração do solo durante o desenvolvimento da soja através da atividade biológica, ciclos de umedecimento e secagem, e decomposição das raízes das plantas forrageiras (AMBUS et al., 2018).

O efeito do pisoteio na estrutura física do solo também sofre influência da cultura antecessora. Lanzasova et al. (2007), verificaram que o efeito do pisoteio na estrutura do solo é menor em áreas cultivadas com milho do que com soja. Os autores atribuem a diferença devido ao maior aporte de resíduos culturais pela gramínea. A manutenção de resíduos culturais é uma importante prática conservacionista e produtiva, pois promove aumento do teor de umidade do solo por reduzir a evaporação e a temperatura do solo (STAVI et al., 2016).

Além do efeito no solo, em sistemas ILP uma das principais preocupações é o impacto do manejo da pastagem sobre o rendimento cultura sucessora. Ao avaliar o desenvolvimento e produção de soja após manejo da pastagem com diferentes intensidades de pastejo, Kunrath et al. (2015) verificaram que o pastejo mais intenso pode reduzir a população de plantas e afetar a biomassa de nódulos, mas sem reduzir a produtividade. Os autores observaram que a soja possui capacidade de compensar reduções na população de plantas através do aumento de componentes de rendimento.

De forma similar, Peterson et al. (2019) não verificaram redução da produtividade de soja ao comparar áreas com e sem pastejo, apesar de as plantas de áreas pastejadas apresentarem alterações fisiológicas durante seu desenvolvimento. Em outro trabalho, Debiase e Franchini (2012) não verificaram efeito da intensidade de pastejo na produtividade soja, mesmo com compactação da camada superficial do solo.

Com relação a soja, que é uma das principais culturas utilizadas em sistemas ILP no sul do Brasil (NUNES et al., 2021), a produtividade sofre maior influência da quantidade e distribuição das precipitações durante o seu desenvolvimento do que do manejo da pastagem (MARTINS et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2013).

A produtividade da soja é determinada pelo número de sementes por área e pela massa individual de sementes, e estes componentes são influenciados por diversos fatores, como fertilidade do solo, interceptação da radiação solar, genótipo, além da ocorrência de estresses bióticos e abióticos (MUTAVA et al., 2015; ROEKEL et al., 2015). Segundo Dogan et al. (2007), a principal limitação a produtividade de soja ocorre devido a déficit hídrico no estágio reprodutivo, especialmente nas fases de formação da vagem e enchimento das sementes.

O objetivo do sistema ILP é potencializar tanto a produção de grãos como de carne, gerando benefícios econômicos e ambientais (BONAUDO et al., 2014). Desta forma, é preciso realizar manejo que seja benéfico ao ambiente produtivo, sem priorizar nenhuma das atividades. Assim, mesmo que seja possível utilizar maior intensidade de pastejo sem reduzir o rendimento da soja, é preciso considerar outros fatores que podem impactar o sistema produtivo.

Conforme Moreira et al. (2012), a utilização de maior intensidade de pastejo resulta em redução da qualidade física do solo em superfície, com redução da taxa de infiltração de água mesmo após a colheita da soja (BONETTI et al., 2019). E, em

condições de baixa precipitação pluviométrica, maiores intensidades e frequência de pastejo podem afetar de forma negativa parâmetros fisiológicos da soja, como potencial hídrico e temperatura da folha (LANZANOVA et al., 2007; MARTINS et al., 2016). Ainda segundo Salton et al. (2014), quando o sistema ILP é empregado visando melhorar as condições físicas e químicas do solo, o efeito de condições climáticas adversas é atenuado.

Outro importante fator afetado pelo manejo da pastagem é a biomassa residual para formação da palhada para a semeadura direta da cultura de grãos (ASSMANN et al., 2017). Conforme Kunrath et al. (2020), quanto menor a intensidade de pastejo, maior é biomassa residual. A biomassa residual protege o solo contra a erosão (FRANZLUEBBERS et al., 2014), além de promover o controle biológico de plantas invasoras através da redução da emergência de plantas daninhas e o tamanho do banco de sementes do solo (SCHUSTER et al., 2016).

Além disso, a maior produção de forragem juntamente com as dejeções dos animais aumentam a biomassa microbiana pela maior adição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (ASSMANN et al., 2015; NIE et al., 2016). Segundo Moraes et al. (2014), o sistema ILP promove maior diversidade microbiana do que sistemas puramente agrícolas.

Com relação a fase pastagem, segundo Carvalho et al. (2018), as principais espécies utilizadas no sul do Brasil são o azevém e seu consórcio com aveia preta. Além do ciclo ser compatível com a semeadura da cultura de verão, o azevém apresenta ressemeadura natural, reduzindo custos com implantação e aumentando a utilização da pastagem (KUNRATH et al., 2020). O azevém também pode ser semeado antecipadamente no início da maturação da soja (PILECCO et al., 2019) e apresenta aumento de produção quando cultivado em sucessão a leguminosas (FOX et al., 2020) e em sistemas agroflorestais (SCHMIDT et al. 2017).

A forma como a pastagem é manejada também causa impacto no desempenho animal. Ao analisar os resultados de 16 anos de sistema ILP, Kunrath et al. (2020) verificaram maior ganho médio diário de novilhos com menores intensidades de pastejo, e maior ganho de peso vivo por área com maior intensidade de pastejo. Estes resultados são corroborados por outros trabalhos (LOPES et al., 2008; SAVIAN et al., 2014; SOUZA FILHO et al., 2019; NUNES et al., 2021; WESP et al., 2016), devido a menores intensidades de pastejo proporcionarem maior quantidade e qualidade de

fornagem disponível, aumento o ganho de peso individual. Já maiores intensidades de pastejo promovem maior ganho de peso por área pelo aumento na carga animal.

Os resultados do desempenho animal e de grãos em sistemas ILP apresentam vantagens econômicas e ambientais quando comparados a sistemas produtivos somente agrícolas (COSTA et al., 2013; RYSCHAWY et al., 2012). A diversificação do sistema produtivo com a adoção de práticas conservacionistas na produção de grãos e animais, aliada a preservação do solo, possuem elevado potencial de aumentar os benefícios da interação entre sistemas com impacto ambiental positivo (BONAUDO et al., 2014).

2.2 Origem e descrição morfológica de *Lolium multiflorum* (Lam.)

O gênero *Lolium* compreende um dos mais importantes grupos de forrageiras de clima temperado, constituído por oito espécies (TERREL, 1966), sendo as mais cultivadas *L. multiflorum* e *L. perenne* (CHARMET e BALFOURIER, 1994). O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) é uma planta anual, com ciclo C3, da família poaceae, considerada nativa do centro e sul europeu, noroeste da África e sudoeste da Ásia (BEDDOWS, 1973).

A espécie consiste em dois tipos ou subgrupos: o tipo Westerwoldicum apresenta comportamento anual sem necessidade de vernalização; e o tipo Italiano, que requer vernalização (COOPER, 1957; WARNKE et al., 2004). Adaptado e cultivado em muitas regiões, apresenta grande importância na produção forrageira, especialmente no sul da América do Sul, Oceânia, Ásia e América do Norte (ALONSO, 2004; MITTELMANN et al., 2010; TRETHERWEY et al., 2016; CHASTAIN et al., 2017; KIM e SUNG, 2019). De acordo com Wang et al. (2016), é considerada uma das mais importantes forrageiras de clima temperado em nível mundial. De forma a facilitar o entendimento do texto, neste trabalho o termo azevém refere-se apenas à espécie *Lolium multiflorum* tipo Westerwoldicum.

Segundo Mittelman et al. (2010) o azevém foi introduzido na região sul do Brasil por volta de 1875, e atualmente encontra-se amplamente disseminado. Na região sul é considerada a mais importante forrageira de clima temperado, comumente empregado em melhoramento de pastagens naturais, sistemas de Integração Lavoura-Pecuária e no melhoramento de pastagens naturais.

Estruturalmente, o azevém é uma planta anual, cespitosa, com sistema radicular fasciculado, podendo atingir 1 metro e 20 centímetros, com média de 0,75 metro de altura. Os colmos são eretos e cilíndricos com nós e entrenós, as folhas são glabras com lâminas estreitas, tenras e brilhantes. A lígula é curta e esbranquiçada, enquanto a bainha é estriada e fechada. A lâmina é estreita, glabra, com ápice agudo e de coloração verde-brilhante, o que a torna de fácil reconhecimento (FONTANELI et al., 2012).

A inflorescência é uma espiga composta, formada por número variável de espiguetas em forma alternada em cada um dos nós do ráquis. A espiguetas é composta por duas glumas basais e número variável de flores. As flores possuem três estames e pistilo, protegidos por lema e pálea (FONTANELI et al., 2012). A partir da lema se origina a arista (ROSSI, 2017). O fruto é uma cariopse apresentando peso de mil sementes entre 3 e 4,5 gramas em cultivares tetraploides, e entre 2 e 2,5 gramas nas cultivares diploides (TERNUS et al., 2017).

Após germinada, a semente de azevém emerge produzindo coleóptilo, que tem a função de romper o solo e permitir o aparecimento da primeira folha verdadeira. Finas raízes seminais emergem da semente e frequentemente se ramificam em comparação com as primeiras raízes adventícias que aparecem mais tarde, a partir dos nós do colmo. As folhas surgem do ápice da parte aérea do perfilho, tendo origem em tecido meristemático. Apenas duas folhas crescem ativamente em cada perfilho em um mesmo momento (YOUNG et al., 1975).

O intervalo de tempo entre o aparecimento de sucessivas folhas é relativamente constante durante o crescimento vegetativo de um perfilho. Este processo é influenciado por fatores ambientais, tais como temperatura, fotoperíodo e qualidade da luz (PONTES et al., 2003). A área foliar crítica é atingida no momento em que o dossel é capaz de interceptar a máxima radiação solar, com interceptação luminosa de 95% (ZANINE et al., 2013). Após atingirem o tamanho final, as folhas permanecem na planta por um certo período e então começam a senescer. A senescência tem início na ponta da folha e se espalha até a base. As folhas mais velhas situadas mais próximas a base geralmente senescem em taxa similar à taxa de aparecimento de novas folhas (CAUDURO et al., 2007). Assim, o número de folhas presentes em um perfilho começa a ser relativamente constante a partir do momento em que a senescência tem início (MOORE & MOSER, 1995; IRVING, 2015).

Os perfilhos crescem a partir de pontos de crescimento localizados na axila do ramo principal, e possuem vários níveis de tempo de vida. Há um constante surgimento e morte de perfilhos, gerando equilíbrio, onde os novos perfilhos vegetativos substituem os perfilhos que foram pastejados, mortos ou que entraram na fase reprodutiva (MATTHEW et al., 2013).

De acordo com Callow et al. (2000), tanto em *Lolium rigidum* quanto em *Lolium multiflorum* a desfolha de perfilhos primários no início do florescimento promove o crescimento de novos perfilhos. Os perfilhos logo perdem a dependência do perfilho principal por carboidratos e tornam-se virtualmente independentes, mas após desfolha ou estresse tornam-se novamente dependentes até que a área foliar seja reestabelecida (GIFFORD & MARSHALL, 1973). O perfilhamento é regulado por vários fatores, dentre eles: genótipo, balanço hormonal, florescimento, luz, temperatura, fotoperíodo, água, nutrição mineral e manejo de cortes (POFF et al., 2011).

Para atingir o estágio reprodutivo, o azevém não necessita de exposição à baixas temperaturas ou dias curtos para indução do florescimento (BEDDOWS, 1958; COOPER e CALDER, 1964). Warnke et al. (2004) afirmam que a maioria das plantas são insensíveis ao fotoperíodo, porém, para algumas plantas pode-se considerar o fotoperíodo de indução ao florescimento inferior a 12 horas.

2.3 Características Agronômicas

O azevém é uma forrageira amplamente utilizada, apresentando produção de forragem entre 4 e 7 toneladas de MS.ha⁻¹ (ALVES FILHO et al., 2003; FLORES et al., 2008; QUATRIN et al., 2015), boa taxa de rebrote, resistência ao pastejo e ao excesso de umidade, suportando altas lotações, além de apresentar alto valor nutritivo e boa palatabilidade (CARÁMBULA, 1977).

Outra grande vantagem que a espécie apresenta é a alta taxa de ressemeadura natural devido a presença de dormência primária, quando a semente adquire um estado dormente ainda na planta-mãe, mas superada pelas altas temperaturas no verão, e por dormência secundária, quando a semente madura é submetida a condições desfavoráveis de temperatura e luz (MAIA et al., 2008; PAGNONCELLI JUNIOR et al., 2021). Entretanto, o banco de sementes de azevém é classificado

como transitório, sendo necessário adicionar anualmente sementes ao solo para garantir o estabelecimento da pastagem (MAIA et al., 2009).

Como visto no item anterior, o azevém possui ampla adaptação geográfica e a diferentes tipos de solos. Conforme Carvalho et al. (2013) é considerada uma gramínea rústica com preferência por solos argilosos, férteis e úmidos. Por ser uma espécie de clima temperado, é semeada no Sul do Brasil entre os meses de março e maio (FERRAZZA et al., 2013), tanto a lanço como em linha, com densidade de semeadura variando entre 18 e 30 kg (FONTANELI et al., 2012).

No Rio Grande do Sul, a área ocupada por milho, soja e arroz irrigado na safra 2020/2021 foi de 7,823 milhões de hectares, enquanto a área com lavouras de trigo, aveia, centeio e canola semeadas em 2020 foi de 1,304 milhão de hectares (CONAB, 2021a). Portanto, a área potencial para estabelecimento de pastagens de clima temperado foi de 6,519 milhões de hectares, das quais estima-se que aproximadamente 70% sejam ocupadas com azevém (VARELLA et al., 2011).

Outra forma muito utilizada de estabelecimento da pastagem de azevém é via ressemeadura natural (NELSON e EVERS, 2000). Segundo Bartholomew e Williams (2009), para que o estabelecimento seja bem-sucedido é necessário que uma quantidade suficiente de sementes seja produzida e adicionada ao banco de sementes do solo (BSS), de maneira que sejam atingidas 500 plântulas.m⁻². Conforme Barth Neto et al. (2014), o sucesso da prática reside na adição anual de sementes ao BSS, com melhores resultados obtidos a partir de intensidade moderada de pastejo e diferimento no final do período vegetativo (BARBOSA et al., 2009).

O azevém pode ser utilizado em monocultura ou em consórcio com outras espécies anuais e perenes, como aveia preta (*Avena strigosa*), trevo branco (*Trifolium repens*), cornichão (*Lotus corniculatus*) e trevo persa (*Trifolium resupinatum*) (ANNICCHIARICO e TOMASONI, 2010; GUZATI et al., 2017; SGANZERLA et al., 2015). Segundo Timm et al. (2019), a principal combinação é o consórcio com aveia preta no Rio Grande do Sul. O consórcio é utilizado para aumentar o período de utilização da pastagem (SOARES et al., 2019), devido a aveia preta possuir produção de forragem mais precoce do que o azevém (DUCHINI et al., 2016).

O azevém também é utilizado em sobressemeadura em campo nativo (FREITAS et al., 2014), quando a maioria das espécies nativas apresenta baixa produção de forragem no período de inverno devido a maior parte ser constituída de plantas perenes estivais do ciclo C4 (GUZATI et al., 2017).

A principal utilização do azevém é na forma de pastejo para pecuária de corte (PELLEGRINI et al., 2010; WESP, et al., 2016) e leiteira (QUATRIN et al., 2015). A cultura se adapta tanto ao método de pastejo contínuo quanto rotacionado (BARBOSA et al., 2009; CONFORTIN et al., 2009; MOLLE et al., 2014). Apesar de os dois métodos de pastejo provocarem modificações nas características morfológicas e estruturais, como densidade de perfilhos, taxa de alongação foliar e número de folhas vivas por perfilho, o azevém apresenta plasticidade morfológica para se adaptar a ambos os métodos (CAUDURO et al., 2006; CAUDURO et al., 2007). Corroborando, Savian et al. (2014), verificaram diferenças morfológicas na composição de forragem em pastagem manejada sob duas intensidades de pastejo e em dois métodos de pastejo. Porém, os autores não verificaram diferenças na qualidade da forragem.

A produção de forragem varia ao longo do ciclo produtivo, dependendo das condições edafoclimáticas (FLORES et al., 2008). Porém, os mesmos autores verificaram produção total de massa de folhas superior a $1.700\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, com produção total de massa seca de forragem próxima a 4 toneladas. ha^{-1} em diferentes populações de azevém. Estes resultados demonstram a qualidade da forragem produzida pela espécie, que também pode ser utilizada na forma de silagem (GUO et al., 2014).

Além de apresentar boa produção de forragem, a pastagem de azevém possui elevada qualidade nutricional, mesmo manejada em diferentes intensidades e métodos de pastejo, com teor de PB (proteína bruta) variando entre 13 e 19%, NDF (fibra detergente neutra) entre 47,6 e 60,3%, FDA (fibra em detergente ácido) entre 25 e 31% (SAVIAN et al., 2014). Entretanto, a qualidade da forragem diminui no estágio reprodutivo, através da redução da digestibilidade de 81% no estágio vegetativo para 61% no florescimento (PEDROSO et al., 2004). Neste sentido, DeBoer et al. (2017) verificaram que a cultura mantém a qualidade nutricional elevada de forma consistente apenas no período vegetativo.

Apesar de ser considerada uma espécie rústica, o azevém responde bem a adubação, podendo atingir taxa de acúmulo diário superior a $100\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ entre os meses de setembro e outubro, e média acima de $60\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ durante o ciclo (ALVES FILHO et al., 2003). A produção de matéria seca total pode superar 7 toneladas por hectare, com porcentagem de matéria seca acima de 18% (PEREIRA et al., 2008; TIMM et al., 2019; CINAR et al., 2020).

2.4 Intensidade de Pastejo

O manejo da pastagem envolve uma série de decisões que afetam o comportamento ingestivo dos animais e a produção de forragem, e tem como objetivos proporcionar benefícios ao animal, produtor e ambiente (GREGORINI et al., 2017). Neste sentido, Amaral et al. (2013) afirmam ser necessário criar condições para aumentar a ingestão e maximizar a produção da pastagem.

Assim, existe uma relação entre os animais e a pastagem, que afetam tanto o desempenho animal quanto a produção de forragem. A disponibilidade de forragem afeta a performance animal, ocorrendo a relação inversa entre ganho de peso individual e ganho de peso por área (PROVENZA et al., 2015), onde menor intensidade de pastejo promove melhor desempenho individual (AGUINAGA et al., 2006; WESP et al., 2016), enquanto maior intensidade de pastejo promove maior ganho de peso por área (KUNRATH et al., 2014). Por outro lado, a desfolha interfere no rebrote da pastagem, ao afetar a interceptação de luz e a eficiência fotossintética (HARRISON et al., 2011).

Plantas em pastejo possuem sua estrutura alterada constantemente, como resultado do crescimento das plantas, desfolha e senescência (MEZZALIRA et al., 2014). Estas alterações também interferem na taxa ingestiva dos animais devido às mudanças na qualidade e quantidade de lâminas foliares e na seletividade da forragem (FONSECA et al., 2013; MORAES et al., 2014).

Segundo Chapman (2016), o ponto principal para determinar o manejo da pastagem deve considerar a curva de rebrote da pastagem. Ainda segundo o autor, o rebrote é o resultado da produção de novas folhas em cada perfilho para substituir folhas removidas pelos animais, e depende da temperatura, intensidade de radiação, e disponibilidade de nutrientes e água.

Fisiologicamente, o rebrote envolve vários processos, como emergência e expansão de folhas nos meristemas apicais, mobilização de carbono (C) armazenado como carboidrato, e da reciclagem e remobilização de proteínas para fornecer nitrogênio (N), como forma de suportar a produção de novas folhas e síntese da enzima Rubisco, fundamental no processo de fotossíntese (DA SILVA et al., 2015).

Porém, é preciso ressaltar que mesmo sem desfolha, as plantas forrageiras continuam a emitir novas folhas, pois cada perfilho possui um limite de folhas, e após atingir este número, só ocorre a formação de uma nova folha após a senescência de

outra (IRVING, 2015). Assim, a desfolha torna-se importante para garantir a eficiência na captação da radiação e utilização dos fotoassimilados.

Segundo Rawnsley et al. (2014), a intensidade de pastejo é definida como a massa residual da pastagem, normalmente manejada pela altura da pastagem na saída dos animais. Assim, maior intensidade de pastejo significa maior remoção de forragem. De acordo com Da Silva et al. (2015), a intensidade de pastejo modifica a estrutura do dossel forrageiro em gramíneas cespitosas.

Menores intensidades de pastejo determinam maior índice de área foliar, enquanto desfolhas severas reduzem a área foliar, mas aumentam a taxa de formação de perfilhos, que compensam a menor área foliar pela maior população de perfilhos. Dessa forma, menores intensidades de pastejo geram menor número de perfilhos, mas com maior tamanho e massa. Já desfolhas mais intensas aumentam o número de perfilhos de menor tamanho (IRVING, 2015).

No manejo do azevém, intensidades de pastejo baixa ou moderada promovem maior produção de lâminas foliares e maior altura do dossel (PONTES et al., 2003; CAUDURO et al., 2007; CONFORTIN et al., 2010). Isso ocorre pelo maior fluxo de crescimento, gerando lâminas foliares com maior comprimento (CONFORTIN et al., 2013; PONTES et al., 2004).

Em maiores intensidades de pastejo, a remoção mais frequente e em maior proporção da massa de forragem estimula maior perfilhamento do azevém (CALLOW et al., 2010). O estímulo ao perfilhamento é decorrente da maior quantidade de radiação que chega até a base das plantas, onde estão localizados os meristemas que são ativados para formação de novos perfilhos (IRVING, 2015). A ativação dos meristemas basais é influenciada pela quantidade e qualidade de luz que chega até a base da planta (STIVANIN et al., 2014).

Em azevém, o aumento da intensidade de desfolha promove redução na área foliar residual, mas que é compensada pelo aumento no número de perfilhos (MARTINS et al., 2021). Entretanto, como verificado por Duchini et al. (2014), o aumento na densidade populacional gera perfilhos com menor massa individual. Corroborando, Cauduro et al. (2006), verificaram que baixa intensidade de pastejo promove menor densidade de perfilhos, mas com maior comprimento e maior número de folhas vivas por perfilho.

Conforme Santos et al. (2015), o azevém apresenta alta flexibilidade na produção de forragem, podendo ser manejado sob diferentes intensidades de pastejo,

sem, no entanto, redução da produção de folhas com resíduo de 8cm em pastejo intermitente. Demonstrando a flexibilidade da cultura à diferentes intensidades de pastejo, Amaral et al. (2013) verificaram que a entrada dos animais na pastagem com 25cm de altura promove maior taxa de ingestão de bovinos, mas que a o pastejo com a entrada a 15cm de altura e saída com resíduo de 10cm melhora a estrutura do dossel devido a predominância de maior número de folhas pós-pastejo. Santos et al. (2015) também verificaram que a cultura apresenta rápido aumento da taxa de alongação do colmo quando a pastagem atinge 18cm.

Ao analisar desfolha de 40% da massa de forragem com entrada dos animais com 17cm de altura em pastejo intermitente, Guzatti et al. (2017) verificaram que durante o ciclo o azevém apresenta redução linear na porcentagem de lâminas foliares e aumento linear na porcentagem de colmo. Entretanto as características morfogênicas e estruturais da pastagem podem sofrer modificações quando a cultura é manejada com pastejo contínuo. Nesta forma de condução do pastejo, Cauduro et al. (2007) verificaram maiores taxas de alongação e surgimento de folhas, e maior tempo de vida das folhas, além de maior densidade populacional de perfilhos.

Pelo exposto, a intensidade e o método de pastejo promovem alterações morfológicas e estruturais no desenvolvimento das plantas de azevém. E estas alterações promovidas pelo manejo podem afetar a produção de sementes, especialmente a intensidade de pastejo, pois possui grande interferência na população de perfilhos férteis (BARTH NETO et al., 2014). Neste sentido, Barbosa et al. (2009) afirmam que menor intensidade de desfolha reduz a morte de perfilhos, com aumento da probabilidade de perfilhos vegetativos entrarem na fase reprodutiva sem necessidade de formação de novos perfilhos.

Em trabalhos avaliando o manejo da pastagem com objetivo de promover a ressemeadura natural, Barbosa et al. (2009) e Barth Neto et al. (2014) verificaram melhor estabelecimento no ano seguinte através de intensidade moderada de pastejo. Estes resultados são devidos a maior densidade de perfilhos que chegaram a fase reprodutiva e produziram sementes. Maiores intensidades de desfolha reduziram o número de perfilhos férteis, reduzindo assim o número de sementes que foram adicionadas ao banco de sementes do solo. Entretanto, vale ressaltar que não é necessária elevada produção de sementes de azevém para garantir a ressemeadura natural (EVERS e NELSON, 2000).

Segundo Martiniello e Silva (2011), a desfolha em plantas forrageiras temperadas deve ser considerada como uma ferramenta agrônômica para a produção de sementes. Os autores afirmam que a desfolha tem por objetivo promover equilíbrio no número de perfilhos férteis e uniformizar a época de florescimento. Entretanto, ressaltam que erros cometidos durante a desfolha podem resultar em redução no número de perfilhos férteis e das reservas de carboidratos que suportam a formação de novos órgãos.

Devido a formação constante de novos perfilhos (BARTH NETO et al., 2013; STIVANIN et al., 2014), o dossel pode apresentar variabilidade na idade dos perfilhos, o que pode influenciar a entrada na fase reprodutiva. Neste sentido, Nunes et al. (2018) verificaram que baixas intensidades de pastejo promovem elevada heterogeneidade no dossel forrageiro, o que pode prejudicar a produção de sementes em função de proporcionar perfilhos em diferentes estádios de desenvolvimento.

Portanto, a intensidade de pastejo afeta não somente a produção de forragem, mas também a produção de sementes. O manejo para produção de sementes deve proporcionar adequada população de perfilhos e uniformidade no florescimento (MARTINIELLO e SILVA, 2011).

2.5 Diferimento

O diferimento de uma pastagem para produção de sementes consiste na retirada dos animais da área (ROLSTON et al., 2010). Esta prática é muito importante, pois o pastejo pode prolongar o período vegetativo da pastagem (DUMONT et al., 2012), e assim reduzir ou prejudicar a emissão de estruturas reprodutivas (MARTINIELLO e SILVA, 2011).

Com relação ao azevém, esta prática possui grande efeito na produção de sementes. Conforme verificado por Callow et al. (2000), a remoção constante de perfilhos reprodutivos mantém a qualidade da forragem por estimular a formação de perfilhos vegetativos. Ou seja, acaba ocorrendo a diminuição de perfilhos férteis, com redução da produção de sementes.

Ao avaliar a estabilidade da população de perfilhos de azevém sob pastejo, Graminho et al. (2014) verificaram emissão constante de perfilhos na fase vegetativa, pré-florescimento e no florescimento. Entretanto, apesar de o pastejo estimular a emissão de novos perfilhos independente da fase fenológica, a partir do início da fase

reprodutiva ocorre redução na sobrevivência e aumento da mortalidade de perfilhos. Barth Neto et al. (2013) também obtiveram resultados similares em pastagem de azevém sob pastejo intermitente.

Ao avaliar efeito de cortes tardios, Bartholomew e Williams (2009), verificaram redução na produção e do peso de mil sementes de azevém. Resultados similares foram verificados com cortes realizados após o pleno florescimento do azevém (CUNHA, 2012; ABIB, 2015; BILHARVA, 2015).

Segundo Young et al. (1996), a definição da época de diferimento não pode ser fixada em uma data no calendário, pois variações fenológicas entre anos tornam este manejo impraticável. Corroborando, Evers e Nelson (2000) verificaram diferença na produção de sementes de azevém em diferentes anos devido a variações de temperatura, quantidade e distribuição de precipitações.

Assim, Young et al. (1996) afirmam que a época de diferimento deve ser determinada através da análise do estágio fenológico da cultura. Os autores verificaram que a remoção de até um terço dos meristemas apicais dos perfilhos primários pode aumentar a produção de sementes.

2.6 Produção de sementes

A produção de sementes de plantas forrageiras é um processo complexo, especialmente devido ao melhoramento genético ser direcionado para a produção de forragem, com pequeno ganho genético na produtividade de sementes e componentes de rendimento (MARTINIELLO e SILVA, 2011). Neste sentido, Müller et al. (2012) verificaram que a produção de forragem de azevém possui correlação negativa com o rendimento de sementes.

Como o corte ou desfolha estimulam o perfilhamento, é preciso controlar a intensidade e frequência para gerar equilíbrio entre as características morfológicas e estruturais para a produção de sementes. Conforme Vleugels et al. (2017), de forma geral, a produção de sementes de azevém é realizada combinando a produção de forragem e sementes, tanto por meio de cortes ou pastejo.

De acordo com Martiniello e Silva (2011), o rendimento de sementes é altamente influenciado pela densidade de perfilhos férteis, pelo número de sementes por espiga e pelo peso das sementes. Em avaliação de 30 genótipos de azevém no sudeste do RS, Pereira et al. (2008) verificaram enorme variação no rendimento de

sementes, com amplitude entre 85 e 933kg.ha⁻¹, e média de 330kg.ha⁻¹. Assim, o manejo do sementeiro de azevém deve proporcionar condições para que estes componentes sejam atendidos.

Conforme visto, o azevém apresenta plasticidade morfológica de acordo com o método e intensidade de pastejo empregados. Segundo Harrison et al. (2011), o manejo do pastejo deve levar em consideração as mudanças fisiológicas provocadas pela desfolha e facilitar a recuperação das plantas. Nesse sentido os autores afirmam que o pastejo pode reduzir a quantidade de carboidratos translocada do colmo para a formação das sementes, mas também pode prolongar a duração da vida das folhas após a antese, garantindo o enchimento das sementes.

Após o corte ou desfolha as plantas precisam recuperar a área foliar para continuar produzindo. Segundo Martins et al. (2021), as estratégias de recuperação após desfolhas dependem da habilidade da espécie e sua plasticidade fenotípica. Neste trabalho os autores verificaram que o azevém investe na formação de novos perfilhos para recuperar a área foliar independente da intensidade de desfolha.

O tempo para recuperação da área foliar depende da intensidade da desfolha. Quanto maior a intensidade, menor é a área residual, o que reflete em baixa taxa de crescimento (CHAPMAN, 2016) e redução na biomassa de raízes (GASTAL et al., 2010). Porém, baixas intensidades de desfolha podem resultar em aumento da porcentagem de colmo e material morto (DA SILVA et al., 2015).

2.7 Impacto da aplicação de nitrogênio na produção de sementes

A formação de novas folhas após desfolha é dependente da quantidade de carboidratos não estruturais e compostos nitrogenados que são mobilizados de colmos e folhas intactas (GASTAL e LEMAIRE, 2015). Corroborando, Irving (2015) afirma que o teor de N na planta determina o potencial fotossintético da cultura, e conseqüentemente, sua produtividade.

Assim, visando a recuperação das plantas após desfolha é recomendada a aplicação de nitrogênio (SUN et al., 2008), pois o N promove aumento da taxa de acúmulo de forragem e aumento da porcentagem de lâminas foliares (QUATRIN et al., 2015; TIMM et al., 2019), especialmente devido a formação da enzima rubisco (WADA et al., 2015) e aumento do número de perfilhos (WHITE e FINNAN, 2017).

O cultivo de azevém sem a aplicação de N apresenta limitações à produção de forragem (BOLKE et al., 2019). E conseqüentemente, pode afetar a produção de sementes com manejo de desfolha. A recuperação da área foliar e a formação de perfilhos férteis é determinante para a produção de sementes, pois a produtividade é determinada de forma primária pelo número de sementes, mas também limitada pela disponibilidade de fotoassimilados no período subsequente a antese (FINNAN e SPINK, 2017).

De acordo com Rowarth (1997), dentre os fatores envolvidos na produção de sementes de gramíneas, o N deve ser aplicado devido a sua elevada mobilidade, pois na forma nitrato está sujeito a lixiviação, desnitrificação e as perdas por volatilização de amônia. O autor afirma ainda que o nutriente geralmente não está disponível em quantidade suficiente para as culturas atingirem a máxima produção, compondo entre 3 e 5% da matéria seca total de azevém. Corroborando com o tema, Griffith et al. (1997), afirmam que baixas produtividades de sementes de azevém são encontradas devido ao manejo equivocado no momento de aplicação, dose e fonte de nitrogênio.

Conforme Vleugels et al., (2017), a aplicação de N em gramíneas forrageiras eleva a produtividade de sementes por aumentar o número de perfilhos férteis e a área foliar. O aumento da produção está relacionado com a máxima taxa fotossintética da folha bandeira, que está associada de forma positiva com absorção de N na antese (NEHE et al., 2020). Neste sentido, Lu et al. (2015) verificaram aumento da taxa fotossintética durante o enchimento de grãos devido a maior concentração de N nas folhas.

Segundo Kong et al. (2016), logo após a antese pode ter início a remobilização do N armazenado tecidos vegetativos para o enchimento da semente. Corroborando, Barraclough et al. (2014) verificaram que o N é remobilizado de todos os órgãos vegetativos, mas a principal fonte é o N armazenado no colmo. Assim, é fundamental que após a desfolha as plantas consigam absorver N para recuperar as estruturas vegetativas (perfilhos e área foliar) e formar as estruturas reprodutivas.

Desta forma, a disponibilidade de N após o corte é um fator importante para a produtividade de sementes. Vleugels et al. (2017) verificaram relação positiva entre rendimento de sementes de azevém e o total de N disponível após corte. Neste trabalho o rendimento de sementes aumentou até a dose de 90kg.ha⁻¹ de N, com produtividade acima de 1.700kg.ha⁻¹ de sementes devido aumento no número de perfilhos, espigas e área foliar. Os autores também verificaram que aplicações de N

após o estágio de 2-3 nós palpáveis não aumenta a produção de sementes, possivelmente devido ao consumo de luxo do nutriente, que é utilizado para formação de novos perfilhos vegetativos que competem com os reprodutivos (GISLUM et al., 2005).

Ahrens e Oliveira (1997) também verificaram resposta positiva com aplicação de $60\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N no rendimento de sementes de azevém, com e sem corte. O principal efeito do N foi elevar o número de perfilhos férteis. Resultado similar foi verificado por Cunha et al. (2016), com a aplicação da mesma dose de N após dois cortes, e rendimento acima de $600\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Entretanto os autores verificaram acentuada redução no rendimento de sementes com três cortes.

Ao avaliarem o efeito de quatro doses de N no rendimento de sementes de azevém, Simic' et al. (2012) verificaram resposta positiva até a dose de $50\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ com aplicação realizada no início do perfilhamento. Segundo os autores, doses até $150\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ não apresentaram resposta positiva por aumentar o aborto de sementes devido a competição de fotoassimilados por perfilhos vegetativos.

Entretanto, Medeiros e Nabinger (2001) não verificaram efeito de doses de N no rendimento de sementes de azevém. Neste trabalho doses crescentes de N até $300\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ reduziram o número de perfilhos férteis, mas com efeito positivo de manejo sem corte e um corte no rendimento de sementes. Segundo Rial-Lovera et al. (2016), em trigo, a resposta a aplicações de N é limitada quando a concentração de N no solo é elevada.

Entretanto, a utilização de N na produção de sementes de azevém ainda carece de maior investigação e detalhamento sobre o seu efeito na morfologia e fisiologia. Em aveia branca, Finnan et al. (2019) verificaram que o N proporcionou aumento do número de sementes devido a maior captação de radiação pela maior área foliar. Em trabalhos com cevada e trigo, aplicações de N aumentaram o número de grãos por espiga devido à maior sobrevivência de espiguetas primárias e atraso na senescência da folha bandeira (ARISNABARRETA e MIRALLES, 2004; SADRAS e SLAFER, 2012; FERRANTE et al., 2013; NEHE et al., 2020).

Segundo Hoogmoed et al. (2018), a disponibilidade de N é uma das principais limitações na produtividade de cereais. Os autores afirmam que para evitar deficiência do nutriente e ser efetivo em sua utilização, é preciso quantificar o status da cultura quanto a necessidade de N em cada etapa fenológica. Na mesma linha, Ravier et al. (2017), afirmam que é necessário utilizar como indicador de deficiência de N o índice

de nutrição de nitrogênio, definido como a concentração mínima requerida para a máxima produção de matéria seca. Os autores afirmam que desta forma é possível identificar estádios fenológicos em que a deficiência de N não afeta o rendimento de grãos.

Da mesma forma, Sadras e Lemaire (2014) afirmam que a relação simplificada entre nitrogênio e produtividade é incompleta ou inadequada para quantificar os efeitos do nutriente. Segundo os autores, para analisar a eficiência de uso do nitrogênio é necessário levar em consideração o status de N nas plantas em diferentes condições de disponibilidade de água e estádios de crescimento, a eficiência de absorção e conversão, além de diferenças genéticas entre diferentes cultivares.

Em trabalho analisando o índice de nutrição de N na produção de sementes de azevém, Vleugels et al. (2017) verificaram redução na necessidade de N com o desenvolvimento da cultura a partir do estágio de 2 a 3 nós palpáveis. Entretanto, estes resultados divergem de trabalhos com gramíneas anuais, onde a necessidade de N aumenta a partir da alongação do colmo até o florescimento (ZIADI et al., 2008; SADRAS e SLAFER, 2012; RAVIER et al., 2017; HOOGMOED et al., 2018).

Considerando que o manejo para produção de sementes de azevém envolve o corte, o efeito do N deve ser estudado tanto na recuperação das plantas após pastejo como na produção de sementes. Nesse sentido, deve ser considerada a época de aplicação do nutriente, como forma de definir o melhor momento de aplicação e manejo (RAVIER et al., 2017). Em aveia branca, Finnan et al. (2019) verificaram que a produção não é afetada desde que o N seja aplicado até a o momento em que o segundo nó palpável é formado no perfilho principal. De acordo com os autores, este momento é determinante para maximizar a captação de radiação, antes e durante o período da antese. Vleugels et al. (2017), realizando um corte no momento da alongação do colmo de azevém, não verificaram diferenças entre aplicações parceladas e em dose única de N, desde que aplicadas até o estágio de 2-3 nós palpáveis.

Outro ponto a ser considerado é a escolha do local de produção. De acordo com Lollato et al. (2019), a resposta a aplicação de N é dependente do ambiente. Melhores condições favorecem a utilização do nutriente para a produção. Chastain et al. (2017), em trabalho de longa duração, obtiveram rendimento superior a 2.000kg.ha⁻¹ de sementes de azevém em condições quentes e secas no período entre a alongação do colmo e florescimento.

Além disso, o manejo para a produção de sementes com desfolha e aplicação de N deve considerar o risco de acamamento (FINNAN et al., 2018). Griffith et al. (1997) verificaram redução no rendimento de sementes de azevém em ano com elevado acamamento a partir do florescimento. Neste sentido, Trethewey et al. (2016) verificaram aumento de $35\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de sementes a cada 1cm de redução no comprimento do colmo com a utilização de reguladores de crescimento. Entretanto, Kaspary et al. (2015) apesar de verificaram aumento na produtividade, verificaram redução na qualidade fisiológica de sementes de aveia branca com utilização de reguladores de crescimento.

2.8 Qualidade de sementes

Os avanços na análise da qualidade de sementes, especialmente com a adoção em larga escala do teste de tetrazólio em diversas culturas (FRANÇA-NETO e KRZYZANOWSKI, 2019), tem mostrado a importância da utilização de sementes com elevado vigor. Conforme Marcos-Filho (2015), a utilização de sementes com elevada qualidade propiciam estabelecimento rápido e uniforme, e maior produtividade.

O vigor das sementes está relacionado com a capacidade das sementes em suportar condições adversas e gerar uniformidade na população de plantas (CAVERZAN et al., 2018). Sementes vigorosas geram plântulas com maior comprimento de raízes e parte aérea (ANDRADE et al., 2019), o que é fundamental para o estabelecimento (ABATI et al., 2017), possibilitando compensar efeitos de baixas populações de plantas (SCHUCH et al., 2000).

Com relação às sementes forrageiras, especialmente as espécies de clima temperado, este é um ponto que merece atenção. Há muitos anos a formação de pastagens no sul do Brasil se baseia em sementes de baixa qualidade e sem atender os padrões e normas de produção de sementes (MELO e BARROS, 2003). Com relação ao azevém, é possível que produtores não deem a devida atenção à qualidade das sementes devido a sua capacidade de ressemeadura natural (MAIA et al., 2007). Mas é importante ressaltar que mesmo baixa produção de sementes já é capaz de promover adequado estabelecimento no ano seguinte (EVERS e NELSON, 2000).

A ressemeadura natural é possível devido a dormência secundária que as sementes apresentam, possibilitando maior longevidade (RODRIGUEZ et al. 1998).

De acordo com Eichelberger et al. (2003), sementes com viabilidade acima de 70%, independente de retardamento da secagem por até 48h, mantém capacidade de germinação por oito meses de armazenamento. Em condições ótimas, as sementes de azevém podem ser armazenadas sem redução de viabilidade por 810 dias (STANISAVLJEVIC´ et al., 2011).

Com relação ao efeito do pastejo na produção de sementes de azevém, Barbosa et al. (2009) e Barth Neto et al. (2014) verificaram melhor estabelecimento em ressemeadura natural ao utilizarem intensidade de pastejo moderada. Os autores atribuem os resultados a maior adição de sementes ao banco de sementes do solo, mas é possível que o manejo também tenha proporcionado sementes com maior qualidade fisiológica, capazes de suportar o período no banco de sementes do solo e germinar no ano seguinte.

Ao avaliar o efeito de cortes tardios, Bartholomew e Williams (2009) verificaram que a colheita no estágio onde 40 e 60% dos perfilhos férteis estão expostos reduz tanto o rendimento de sementes quanto o peso de mil sementes. Resultados similares foram obtidos em trigo duplo propósito por Rodolfo et al. (2017), onde o aumento no número de desfolhas reduziu o PMS e o vigor das sementes, mas não afetou a viabilidade. Resultado similar foi verificado por Krenchinski et al. (2017) com a aplicação de herbicidas no final da fase de enchimento de sementes de trigo. Os autores verificaram redução do PMS e vigor, mas sem efeito na germinação. Esta é uma informação importante, pois sementes com maior massa indicam maior eficiência no período de formação e enchimento (TRETHERWEY e ROLSTON, 2009).

Ao analisar o efeito da desfolha e período de diferimento na qualidade de sementes de azevém, Young et al. (1996) verificaram que a desfolha pode reduzir o período de enchimento das sementes, resultando em menor PMS, mas sem afetar a viabilidade. Resultados similares foram verificados por Ahrens e Oliveira (1997), onde o aumento no número de cortes reduziu o PMS mas sem afetar a germinação de sementes de azevém. Neste mesmo trabalho, os autores verificaram que a aplicação de doses de até 120kg.ha⁻¹ de N provocou aumento na germinação com dois cortes, mas sem afetar o PMS.

Com relação ao PMS, Ternus et al. (2017) e Oliveira et al. (2019) observaram que sementes de azevém com maior massa específica possuem maior vigor, ao analisarem diferentes lotes comerciais. Contribuindo com o tema, Vergara et al. (2019)

verificaram que o beneficiamento em mesa densimétrica melhora a qualidade fisiológica do azevém por separar as sementes mais pesadas das mais leves.

A massa específica das sementes é influenciada por diversos fatores, como característica genética da cultivar (VENUTO et al., 2002), condições ambientais (SIMIC´ et al., 2010), disponibilidade hídrica (HUETTIG et al., 2013) e posição da semente na inflorescência (WANG et al., 2020). Ademais, indica que durante a fase de enchimento da semente houve menor nível de estresse, e conseqüentemente, melhor formação do embrião e das reservas, o que resulta em maior vigor. Nesse sentido, Andrade et al. (2019) verificaram que genótipos de milho com maior vigor possuem maior eficiência na utilização de reservas durante a germinação.

Conforme já discutido, aplicações de nitrogênio auxiliam na recuperação das plantas pós pastejo. Mas o efeito do N na qualidade de sementes ainda necessita maior esclarecimento. Segundo Zörb et al. (2018), o efeito do N depende de vários fatores, como condições climáticas no momento de aplicação e estágio fenológico, dose e eficiência de absorção e utilização (LOLLATO et al., 2019).

Na produção de sementes de trigo, Hossain e Hasan (2018) verificaram aumento da germinação e vigor com utilização de irrigação e N no estabelecimento, alongação do colmo e florescimento. Avançando, White e Finnan (2017) observaram maior uniformidade na formação de sementes de perfilhos primários e secundários com a aplicação de N. Por outro lado, Prando et al. (2012) não verificaram efeito de doses e épocas de aplicação na qualidade fisiológica de sementes de trigo, da mesma forma que Rodolfo et al. (2017), onde a aplicação de N após corte não resultou em aumento da qualidade fisiológica.

O N translocado às sementes é oriundo da remobilização do nutriente de tecidos mais velhos, como colmo e folhas para as sementes (KONG et al., 2016). Ainda segundo os autores, a remobilização de N é regulada pelo balanço entre força dreno e capacidade de fornecimento da fonte, manejo, fatores ambientais, além de características genéticas, como de acúmulo de N nas folhas.

Apesar de resultados divergentes, a produção de sementes de azevém sob efeito de desfolha pode ser mais bem explorada com a aplicação de N. Segundo Finnan et al. (2019), a aplicação de N possibilita aumento da interceptação da radiação devido ao aumento da área foliar. E além de aumentar o teor de N nos tecidos, a maior eficiência fotossintética proporciona maior potencial de enchimento das sementes,

pois este é o dreno primário, seguido da remobilização de nutrientes de outros tecidos (AGUIRRE et al., 2018).

3 Material e Métodos

O presente estudo foi conduzido nos anos de 2016, 2017 e 2018. A pesquisa de campo foi desenvolvida em área experimental pertencente a Embrapa Pecuária Sul-Bagé, RS, 31°21'54.12"S 53°59'49.64"O. A análise das sementes foi realizada no Laboratório Didático de Análise de Sementes do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Sementes, Campus Capão do Leão, RS, pertencente a Universidade Federal de Pelotas.

Os dados meteorológicos utilizados nesse experimento foram coletados pela Estação Agroclimatológica de Bagé, localizada na estação experimental Embrapa Pecuária Sul, no município de Bagé. Segundo Köppen, o clima da região de Bagé é do tipo cfa, ou seja, subtropical úmido sem estação seca definida com verões quentes (WREGGE et al., 2011).

As condições climáticas durante o desenvolvimento do trabalho, entre abril de 2016 e maio de 2018 são apresentadas na sequência. Em 2016, durante o estabelecimento e desenvolvimento do azevém, ocorreram precipitações abaixo da média histórica entre maio e junho, mas com maior volume de chuvas no final do ciclo da cultura, entre novembro e dezembro (Figura 1). No entanto, o acumulado de precipitações durante o período ficou 300 mm abaixo da média histórica.

Durante o estágio reprodutivo da soja, entre janeiro e maio de 2017, as precipitações ficaram muito próximas da média histórica, sem apresentar restrição hídrica. Na sequência, durante a fase vegetativa da cultura do azevém, ocorreu período de precipitações abaixo da média histórica no mês de julho, mas com volume de chuvas acima da média entre agosto e outubro, e novo período de estiagem no estágio reprodutivo, nos meses de novembro e dezembro, caracterizados pela fase de formação e enchimento das sementes de azevém. Considerando a última precipitação com bom volume de chuvas em 21/10/2017 – 42mm, a área permaneceu por 40 dias com volume de chuvas abaixo da média histórica, até o final de dezembro, onde ocorreu precipitação adequada para a cultura (MONTEIRO, 2009).

Em 2018 o volume de precipitações durante o cultivo da soja se mostrou abaixo da média histórica, especialmente durante os meses de janeiro e fevereiro, que correspondem ao período de florescimento da leguminosa. Nos meses seguintes, entre março e maio as precipitações ficaram próximas da média histórica.

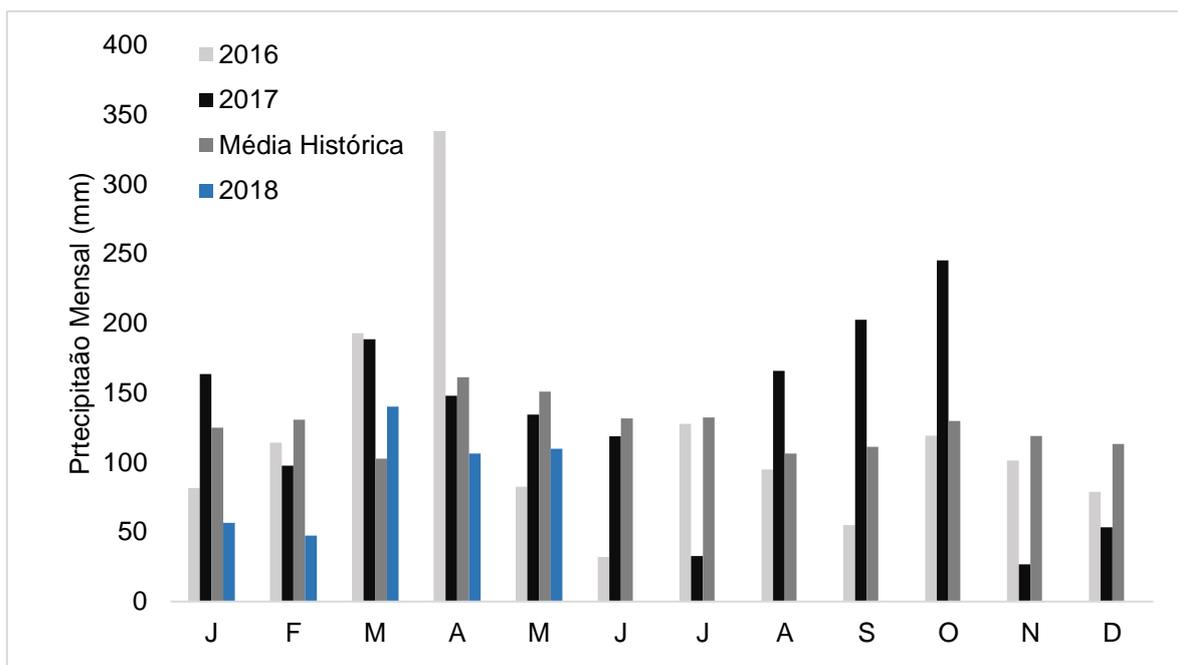


Figura 1. Precipitação mensal acumulada durante os anos de 2016 e 2018, e médias históricas correspondente ao período de 1981-2010. Fonte: Estação Climatológica Embrapa Pecuária Sul, Bagé-RS, INMET.

Na figura 2 são apresentados os dados sobre a temperatura média mensal no período experimental e a média histórica da região. No ano de 2016 a temperatura média ficou muito próxima da média histórica, com pequena diferença nos meses de maio e junho.

Em 2017 a temperatura média ficou acima da média histórica nos meses de maio e setembro, mas muito próxima nos demais meses. E em 2018, a temperatura média se manteve acima da média histórica entre os meses de janeiro e maio, com maior diferença no mês de abril, ficando aproximadamente 5°C acima da média histórica.

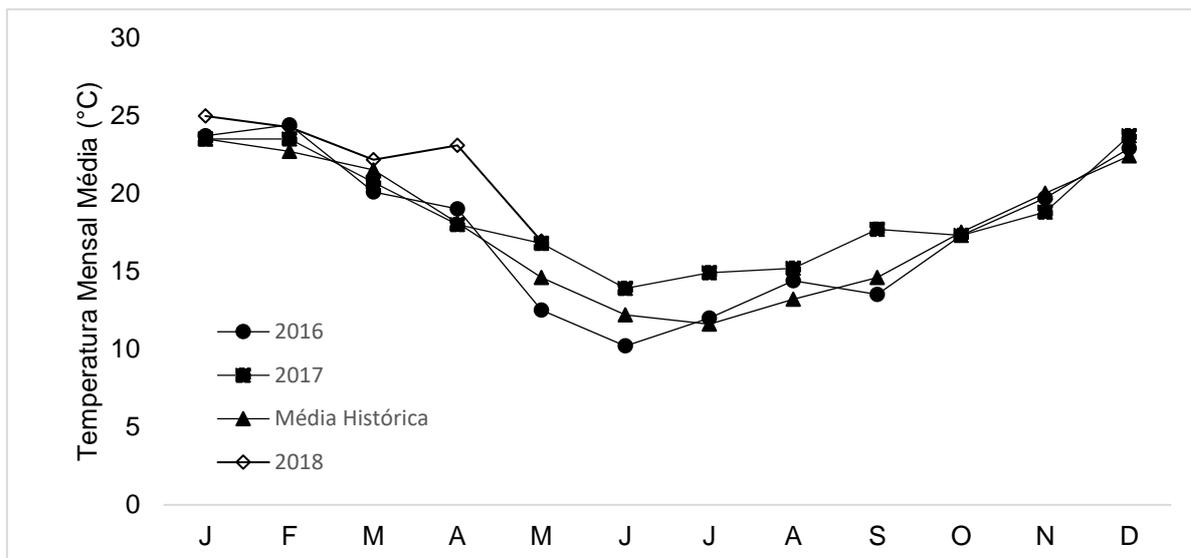


Figura 2. Temperatura média mensal durante os anos de 2016 e 2018, e médias históricas correspondente ao período de 1981-2010. Fonte: Estação Climatológica Embrapa Pecuária Sul, Bagé-RS, INMET.

O solo da área experimental é classificado como Planossolo Háplico Eutrófico Vertissólico, pertencente a unidade de mapeamento Bagé (STRECK et al., 2008). E conforme a análise química do solo apresentava o seguinte: 22% argila, 4,8 pH água, 5,4 M.O., 26,3 P, 196 K, 0,8 Al, 9,0 Ca, 2,8 Mg, 9,7 H+Al, 22,0 CTC pH7, 55,8% Saturação de Bases, 6,1% de saturação de Al e 13,1% de CTC efetiva.

3.1 Histórico da área

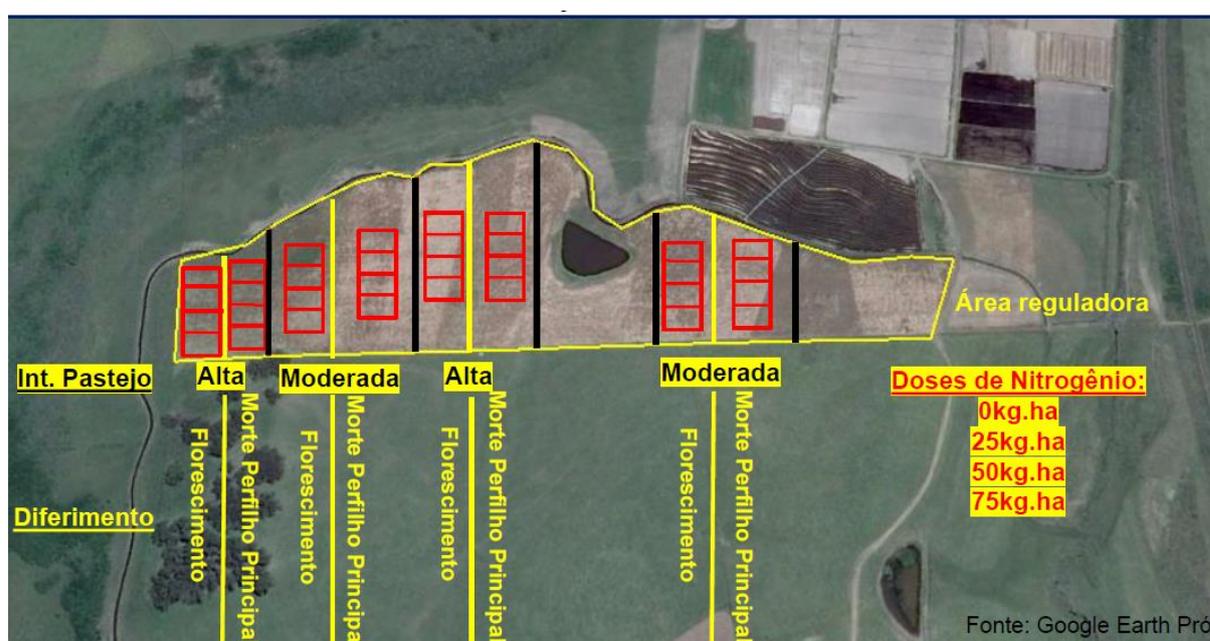
A área experimental era formada por vegetação campestre nativa até o ano de 2014, quando foi realizada a semeadura de azevém BRS Ponteio. Na sequência, no verão de 2014/15 foi implantado capim sudão (*Sorghum sudanense*), sucedido por azevém via ressemeadura natural. A partir de 2015 a área foi manejada com a sucessão azevém e soja. Assim, nas duas safras avaliadas no experimento (2016/2017 e 2017/2018), a pastagem de azevém BRS Ponteio foi estabelecida via ressemeadura natural (Tabela 1). Foi realizada a aplicação de 100kg.ha⁻¹ de uréia como fonte de nitrogênio em 01/07/2016 e 10/07/2017 para estimular o perfilhamento da pastagem de azevém. A semeadura da soja foi realizada logo após a colheita das sementes de azevém.

Tabela 1. Histórico de cultivos na área experimental.

Cultivos	Ano				
	2014	2015	2016	2017	2018
Verão	Campo Nativo	Capim Sudão	Soja	Soja	Soja
Inverno	Azevém	Azevém	Azevém	Azevém	Azevém

A cultivar BRS Ponteio possui ciclo longo, estatura média de 75cm sob crescimento livre, tolerante aos extremos de temperatura, alta capacidade de rebrote com produção de massa de forragem média de 5 toneladas.ha⁻¹ e boa tolerância a pragas e doenças (MONTARDO e MITTELMANN, 2009).

A área experimental era de 9,85ha, divididos em cinco parcelas, com uma utilizada como reguladora dos animais com 2,11ha, e as demais utilizadas como unidades experimentais com cultivo de azevém e soja (Figura 3).

**Figura 3.** Área experimental e divisão dos tratamentos.

3.2 Delineamento experimental e variáveis analisadas

Os tratamentos constaram de duas intensidades de pastejo, duas épocas de diferimento e quatro níveis de adubação nitrogenada. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso com arranjo em parcelas sub-subdivididas, com dois blocos. A intensidade de pastejo foi alocada na parcela (moderada e alta), a época de diferimento na sub-parcela (morte do perfilho principal e início do florescimento), e as doses de nitrogênio na sub-subparcela (0, 25, 50 e 75 kg.ha⁻¹ de Nitrogênio). A parcela

teve área de 2ha, a sub parcela com área de 1ha e a sub-subparcela de 6m x 4m, totalizando 32 unidades experimentais.

A pastagem foi conduzida no sistema de pastejo contínuo com taxa de lotação ajustada em duas intensidades de pastejo (moderada e alta), através do controle da altura da pastagem por meio da desfolha realizado por terneiras da raça Brangus-lbagé, com 3/8 Nelore e 5/8 Angus. Na intensidade de pastejo alta, a pastagem foi mantida abaixo de 10cm de altura, com carga animal no início do pastejo de 1.111,5 kg.ha⁻¹ em 2016 e 1.204kg.ha⁻¹ em 2017, enquanto na intensidade de pastejo moderada, a altura da pastagem foi mantida acima de 15cm, com carga animal no início do pastejo de 718 kg.ha⁻¹ em 2016 e 668kg.ha⁻¹ em 2017 e adições ou retiradas dos animais das parcelas conforme a a altura da pastagem (Figura 4).

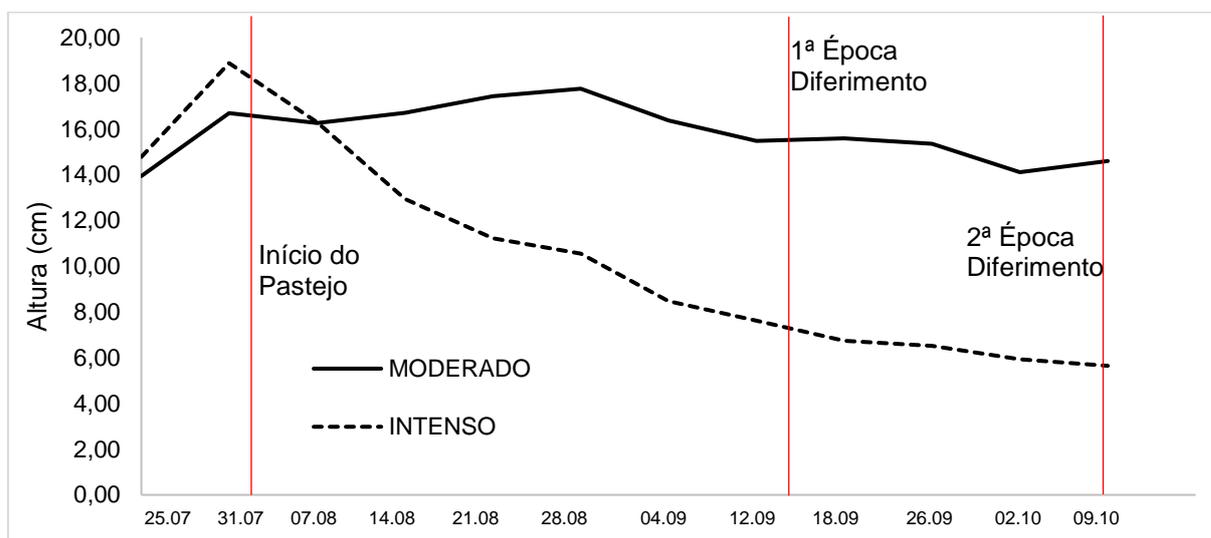


Figura 4. Altura média da pastagem avaliada, semanalmente sob duas intensidades de pastejo até o momento dos diferimentos na morte do perfilho principal e no início do florescimento em 2017.

Semanalmente foram realizadas medições da altura da pastagem por meio de bastão graduado, em 40 pontos por unidade experimental, e de acordo com a altura verificada, era realizada a retirada ou adição de animais, seguindo a técnica “put and take” (MOTT e LUCAS, 1952), onde há dois grupos de animais, um composto de animais experimentais (“testers”) e outro, por animais reserva (“grazers”). O primeiro grupo permaneceu no experimento todo o tempo, enquanto o segundo variou conforme o crescimento da pastagem. Os animais reserva foram mantidos na área reguladora, a qual não foi avaliada no experimento.

O segundo fator testado foi a época de diferimento. Foram testadas duas épocas de diferimento, sendo a primeira até que os animais consumissem o

meristema apical dos perfilhos principais, ocasionado sua morte, e a segunda até o início do florescimento pleno da pastagem de azevém.

A primeira época de diferimento (morte do perfilho principal) foi determinada a partir de avaliações visuais em toda a área experimental, semanalmente, a partir da identificação do rebrote da pastagem após a desfolha. A morte dos perfilhos principais foi identificada quando estes não mais apresentavam recuperação após desfolha e os tecidos estavam em senescência (YOUNG et al., 1996; MATTHEW e HAMILTON, 2011).

A segunda época de diferimento (início do florescimento) foi determinada por avaliações visuais em toda a área experimental, quando mais de 75% dos perfilhos apresentavam nós palpáveis ou visíveis, verificando-se a estabilização da elongação do colmo, além de ser também caracterizado pelo aparecimento das primeiras panículas na área (PEDROSO, 2002). As datas de início e final do período de pastejo são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2. Datas de início e final do período de pastejo nos anos de 2016 e 2017.

Ano	Data Entrada Animais	Data de Saída dos Animais	
		1ª Época Diferimento	2ª Época Diferimento
2016	05/07	12/09	04/10
2017	01/08	12 e 19/09*	10/10

*Na primeira época de diferimento em 2017, a morte do perfilho principal ocorreu para a intensidade de pastejo alta em 12/09 e na intensidade de pastejo moderada em 19/09.

O terceiro tratamento foi implantado após a saída dos animais da pastagem, ou seja, no início de cada época de diferimento para as duas intensidades de pastejo, com aplicação de N em cobertura, sendo os tratamentos: 0, 25, 50 e 75 kg.ha⁻¹ de N. Foi utilizada uréia como fonte de nitrogênio, e as aplicações ocorreram em momento com adequado teor de umidade do solo.

Os animais “testers” foram pesados antes da entrada na pastagem de azevém e imediatamente após o início das duas épocas de diferimento para analisar o ganho de peso com jejum de sólidos por 16 horas. A partir destes dados foram calculados o ganho de peso individual (Peso de saída – Peso de entrada), ganho de peso por área (Soma do ganho de peso dos animais/área da parcela), e ganho de peso médio diário (Ganho de peso individual/dias de pastejo).

Após a retirada dos animais foram coletadas quatro sub-amostras de 0,1m² por unidade experimental para avaliar a massa de forragem, sendo feita a separação de

folha, colmo e material morto. As amostras foram cortadas rente ao solo, e depois separadas, manualmente em fração de folha, colmo e material morto e após secas em estufa a 60° por 72 horas até peso constante e, posteriormente pesadas em balança de precisão.

Neste momento também foram coletadas quatro sub-amostras formadas por placas com 20 x 20cm para realizar a caracterização morfológica e estrutural da pastagem (SBRISSIA et al., 2018). Foram realizadas a contagem de perfilhos vivos e mortos, bem como, mensuradas em cinco perfilhos representativos da média das plantas por sub-amostra, as seguintes variáveis (PONTES et al., 2003; CAUDURO et al., 2006):

- Número e comprimento de folhas senescentes por perfilho: em cada perfilho foi realizada a contagem do número de folhas senescentes, e com régua graduada foi medida o comprimento de folhas senescidas desde a lígula até a ponta da folha;

- Número e comprimento de folhas vivas por perfilho: em cada perfilho foi realizada a contagem do número de folhas vivas, e com régua graduada foi medida o comprimento de folhas vivas desde a lígula até a ponta da folha;

- Número de nós palpáveis por perfilho: em cada perfilho foi realizada a contagem do número de nós palpáveis a partir da visualização e identificação por meio do tato dos nós do colmo;

- Altura e comprimento do último nó palpável: a altura foi medida com régua graduada, com o perfilho em posição natural, desde a base do solo até a posição do último nó palpável. O comprimento foi medido, a partir da extensão do perfilho desde a base do solo até o último nó palpável com régua graduada;

- Altura e comprimento da última lígula: a altura foi medida com régua graduada, com o perfilho em posição natural, desde a base do solo até a posição da última lígula (caracterizada pela folha em posição terminal no perfilho). O comprimento foi medido a partir da extensão do perfilho desde a base do solo até a última lígula, com régua graduada;

Previamente à colheita das sementes foi realizada avaliação da população de perfilhos férteis, pela contagem do número de perfilhos em duas amostras de 0,25m² por unidade experimental. Juntamente foi realizado o corte rente ao solo, em duas amostras de 0,25m² por unidade experimental para analisar a biomassa aérea das

plantas de azevém, no momento da colheita de sementes. As amostras foram secas em estufa a 60°C por 72 horas até peso constante e, posteriormente pesadas em balança de precisão.

Para a determinação dos componentes de rendimento de sementes de azevém foram coletados dez perfilhos representativos da média de altura de cada unidade experimental, no período que antecedeu a colheita (35% de teor de umidade). As variáveis analisadas foram (PONTES et al., 2003; CAUDURO et al., 2006):

- Comprimento do perfilho: com régua graduada foi medido o comprimento desde a base do perfilho até o início da inserção da espiga;
- Comprimento de espiga: com régua graduada foi medido o comprimento da espiga desde o início da espiga até o seu término;
- Número de espiguetas/espiga: foi realizada a contagem do número de espiguetas por espiga;
- Número de sementes/espiguetas: foram selecionadas cinco espiguetas por espiga e foram contadas o número de sementes por espiguetas;
- Comprimento da folha bandeira: a folha bandeira foi medida com régua graduada desde a base da lígula até a sua ponta por meio a partir da extensão manual da folha.

A maturidade de colheita de sementes foi determinada conforme Maia et al. (1981), através do monitoramento diário do teor de água, sendo o momento ideal quando as sementes apresentarem aproximadamente 35%. Para tanto, diariamente foram determinados os teores de umidade dos diferentes tratamentos, pelo método da estufa a 105°C (BRASIL, 2009). Foi utilizado como parâmetro para início das determinações as mudanças de coloração da espiga, de verde para marrom-esverdeado. Dada a umidade desejada das sementes, foi realizada colheita através de duas amostras por subsub-parcela (50 x 50 cm), rente ao solo. Em 2016, a colheita de sementes de azevém foi realizada entre os dias 25 e 30 de novembro. Em 2017 a colheita foi realizada entre os dias 20 e 28 de novembro e no dia 04 de dezembro.

Após a colheita, as amostras foram secas em estufa com circulação forçada até as sementes alcançarem teores de água entre 10% e 13%, conforme Maia (1995). Na sequência, as sementes foram beneficiadas em Máquina de Ar e Peneiras (MAP) modelo CD2000, na unidade de beneficiamento de sementes (UBS) da Embrapa

Pecuária Sul, e acondicionadas (sacos de papel), em câmara com controle de temperatura (15°C) e umidade relativa (50%).

No que se refere a qualidade fisiológica das sementes de azevém foram realizadas as seguintes análises no Laboratório Didático de Análise de Sementes (LDAS) Flávio Farias Rocha, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas:

- Germinação: realizada com quatro repetições de 100 sementes retiradas da porção pura, as quais foram semeadas em caixa gerbox, sobre duas folhas de papel mata borrão, umedecido com água destilada e solução de 0,2% de Nitrato de Potássio (KNO_3) na quantidade de 2,5 vezes a massa do papel seco, e em seguida, colocadas em geladeira (5 +/- 2°C) por sete dias para superação da dormência. Após este período, as caixas gerbox foram levadas ao germinador regulado a temperatura de 20°C constante, com contagens aos 5 (primeira contagem) e aos 14 dias após a instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagens de plântulas normais (BRASIL, 2009; COSTA et al., 2013).

- Primeira contagem de germinação: realizada conjuntamente com o teste de germinação, consistiu no registro das porcentagens de plântulas normais verificadas na primeira contagem do teste de germinação, realizada no quinto dia após a semeadura, seguindo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

- Peso de Mil Sementes (PMS): foram utilizadas oito repetições de 100 sementes provenientes da fração pura. Cada repetição foi pesada em balança analítica e os resultados foram expressos em gramas/mil sementes (BRASIL, 2009).

- Envelhecimento acelerado: conduzido com a utilização de caixas de plástico transparente (tipo gerbox), contendo 40 ml de água e uma bandeja de tela de alumínio, onde as sementes oriundas da fração pura após pesagem (3g), foram distribuídas formando uma camada uniforme. As caixas gerbox foram mantidas em câmara do tipo BOD, a 41°C durante 48h, segundo metodologia proposta por Tunes et al. (2011). Decorrido o período de envelhecimento, quatro subamostras de 100 sementes foram submetidas ao teste de germinação, seguindo metodologia descrita anteriormente, com a avaliação realizada no quinto dia após a semeadura.

- Emergência em campo: realizada em canteiros com solo na área experimental da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, com quatro

repetições de 100 sementes distribuídas em linhas de 1m de comprimento, com 0,5cm de profundidade e distância entre sulcos de 20cm. As contagens foram efetuadas até a emergência total aos 21 dias após a semeadura. Foi determinada a porcentagem de emergência de plântulas.

Após a colheita de sementes de azevém foi efetuada a semeadura direta de soja com espaçamento de 0,45cm e sementes certificadas com germinação mínima de 80%. Em 2016, a semeadura foi realizada nos dias 01 e 02 de dezembro com a cultivar NA 5909 e 300 kg.ha⁻¹ da fórmula 05-25-25. Em 2017, a semeadura da soja foi realizada entre os dias 19 e 21 de dezembro com a cultivar BRS 6203, sem a aplicação de fertilizante na base, devido à análise de solo não recomendar a aplicação.

Foi realizada avaliação do estabelecimento da soja aos 40 e 70 dias após a semeadura, compreendendo os estádios fenológicos de V4 e R2. Nessa avaliação foi contada a população de plantas, por unidade experimental, em 2m lineares, a medição da altura com bastão graduado em 10 plantas em 1m linear e foi realizado o corte, rente ao solo, de todas as contidas em 1m linear, conforme proposto por Kunrath et al. (2014). Após o corte as amostras foram secas em estufa a 60°C por 72 horas até peso constante e posteriormente pesadas em balança de precisão.

Previamente a colheita de soja determinada, conforme Motta et al. (2000), foram avaliados os componentes de rendimento, em 10 plantas por unidade experimental, e produtividade a partir da colheita 2m lineares. Foram analisados os seguintes componentes de rendimento:

- Contagem do número de grãos.planta⁻¹: cada planta foi debulhada e os grãos foram contados;
- Contagem do número de vagens.planta⁻¹: em cada planta foi realizada a contagem do número de vagens;
- Contagem do número de grãos.vagem⁻¹: após a contagem do número de grãos por planta e do número de vagens por planta foi realizada a divisão do número de grãos pelo número de vagens para chegar ao número de grãos.vagem⁻¹;
- Peso de mil sementes: conforme metodologia descrita anteriormente.

De posse dos resultados da produção de carne, grãos de soja e sementes de azevém, foi realizada análise simplificada dos resultados econômicos de quatro sistemas, englobando as duas intensidades de pastejo e as épocas de diferimento, sem considerar o efeito da adubação nitrogenada, considerando-se a média da produção de sementes de azevém.

Foi estimada a receita bruta (R\$.ha⁻¹), a partir da multiplicação da produtividade de sementes de azevém, de sacos de soja e produtividade de carne por área pelo valor de sementes da cultivar BRS Ponteio na safra 2020 (R\$4,00/kg), valor do saco de soja (R\$80,82/sc) e do valor do quilograma da carne (R\$6,27/kg), com valores médios dos últimos cinco anos obtidos em órgãos oficiais (CONAB, 2021b; e EMATER, 2021). O valor das sementes de azevém utilizado é referente a safra 2020 e foi obtido em estabelecimento comercial com histórico de comercialização de sementes forrageiras no estado, pois não foram encontrados registros do valor médio de comercialização da cultivar BRS Ponteio.

Para a análise simplificada dos resultados econômicos da produção de soja, sementes de azevém e carne foram utilizados os critérios de utilização do valor médio dos produtos nos últimos cinco anos, pois não ocorreu de fato a comercialização dos produtos. Considerou-se para estimar a receita a média os valores de mercado dos produtos na época do trabalho (SILVA e PILON, 2015).

3.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias pelo teste de LSD (Least Significant Difference). Diferenças significativas foram analisadas com $p < 0,05$, e tendências foram discutidas entre $0,05 > p < 0,10$. Também foi realizada a análise de regressão polinomial com o mesmo nível de significância descrito anteriormente. Foram utilizados os programas estatísticos SISVAR (FERREIRA, 2019) e R (*R Core Team, 2019*).

Para ajudar a elucidar os efeitos dos fatores testados (intensidade de pastejo, época de diferimento e doses de nitrogênio), com dois anos de repetição, foram testados dois modelos estatísticos. Esta análise foi realizada para evitar omissão de viés de variáveis (SILVA, 2005). Os modelos estatísticos testados incluem os fatores já citados acima, o efeito do ano, e as interações entre os fatores.

Os resultados da análise são apresentados no Apêndice 1. O modelo 1 analisa o efeito da intensidade de pastejo, da época de diferimento, doses de nitrogênio e o ano como covariável e suas interações. Nesse modelo, pode-se verificar que o p-valor não foi significativo (p-valor = 0,779) para a variável ano. Esse resultado sugere que não há mudança entre os dois anos analisados, que as condições (temperatura, chuvas, etc.), entre os dois anos foram semelhantes. Logo, como o efeito da variável ano não foi significativo, os dois anos foram empilhados, considerando-se uma única base de dados.

Desconsiderando a variável ano, não significativa, obtivemos o modelo 2, onde foram analisados apenas os efeitos principais dos fatores e interações entre os três fatores (intensidade de pastejo, épocas de diferimento e doses de nitrogênio).

Os dados referentes a massa e estrutura da pastagem ao final do período de pastejo, biomassa aérea de azevém no momento da colheita de sementes, número de perfilhos férteis de azevém, peso de mil sementes (PMS) de azevém são referentes ao ano agrícola de 2017, e os resultados do estabelecimento e componentes de rendimento da cultura da soja são referentes ao ano de 2018. As demais variáveis foram coletadas nos anos agrícolas de 2016 e 2017.

A análise dos dados com o fator intensidade de pastejo (parcela) para as variáveis características estruturais, massa de forragem de azevém obedeceu ao modelo matemático: $Y_{ijk} = \mu + a_i + \text{bloco}_j + e_{ik} + (a \times \text{bloco})_{ij}$

Onde:

Y_{ijk} : é a observação que recebe o i-ésimo nível do fator A (Intensidades de pastejo);

μ : Constante geral, representa a média;

a_i : é o efeito do i-ésimo nível do tratamento principal ou i-ésimo nível do fator A;

bloco_j : é o efeito do j-ésimo bloco;

e_{ik} : é o erro da parcela;

A análise dos dados com os fatores intensidade de pastejo (parcela) e épocas de diferimento (subparcela), para as variáveis do desempenho animal obedeceu ao modelo matemático: $Y_{ijk} = \mu + a_i + \text{bloco}_j + e_{ik} + (a \times \text{bloco})_{ij} + b_k + (a \times b)_{ik} + e_{ijk}$

Onde:

Y_{ijk} : é a observação que recebe o i-ésimo nível do fator A (Intensidades de pastejo); k-ésimo nível do fator B (Épocas de diferimento) e que está no j-ésimo Bloco;

μ : Constante geral, representa a média;

a_i : é o efeito do i-ésimo nível do tratamento principal ou i-ésimo nível do fator A;

bloco_j : é o efeito do j-ésimo bloco;

e_{ik} : é o erro da parcela;

Parcela $(a \times \text{bloco})_{ij}$: é o resíduo a nível de parcela;

b_k : é o efeito do k-ésimo nível do tratamento secundário ou k-ésimo nível do fator B;
 Subparcela $(a \times b)_{ik}$: é o efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o k-ésimo nível do B;
 e_{ijk} : é o erro da subparcela.

A análise dos dados com os fatores intensidade de pastejo (parcela), épocas de diferimento (subparcela) e doses de nitrogênio (subsubparcela) para as demais variáveis estudadas obedeceu ao modelo matemático: $Y_{ijk} = \mu + a_i + \text{bloco}_j + e_{ik} + (a \times \text{bloco})_{ij} + b_k + (a \times b)_{ik} + e_{ijk} + c_m + (a \times c)_{im} + (b \times c)_{jm} + (a \times b \times c)_{ijm} + e_{ijkm}$

Onde:

Y_{ijk} : é a observação que recebe o i-ésimo nível do fator A (Intensidades de pastejo), k-ésimo nível do fator B (Épocas de diferimento), m-ésimo nível do fator C (Doses de nitrogênio) e que está no j-ésimo Bloco;
 μ : Constante geral, representa a média;
 a_i : é o efeito do i-ésimo nível do tratamento principal ou i-ésimo nível do fator A;
 bloco_j : é o efeito do j-ésimo bloco;
 e_{ik} : é o erro da parcela;
 Parcela $(a \times \text{bloco})_{ij}$: é o resíduo a nível de parcela;
 b_k : é o efeito do k-ésimo nível do tratamento secundário ou k-ésimo nível do fator B (Subparcela);
 $(a \times b)_{ik}$: é o efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o k-ésimo nível do B.
 e_{ijk} : é o erro da subparcela;
 c_m = é o efeito do m-ésimo nível do tratamento terciário ou k-ésimo nível do fator C (Subsubparcela);
 $(a \times c)_{im}$: é o efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o m-ésimo nível do fator C;
 $(b \times c)_{jm}$: é o efeito da interação do j-ésimo nível do fator B com o m-ésimo nível do fator C;
 $(a \times b \times c)_{ijm}$: é o efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o k-ésimo nível do B com o m-ésimo nível do fator C;
 e_{ijkm} : é o erro da subsubparcela.

4 Resultados e Discussão

4.1 Massa e estrutura da pastagem ao final do período de pastejo

Ao final da primeira época de pastejo (morte dos primeiros perfilhos principais – início da 1ª época de diferimento), a menor intensidade de pastejo determinou maior número de nós palpáveis/perfilho e maior comprimento (distância entre o solo e o nó com o perfilho esticado) do último nó palpável, além de tendência para maior número de folhas vivas/perfilho ($p=0,083$) e comprimento da última lígula (distância entre o solo e a última lígula surgida, com o perfilho esticado – $p=0,09$) (Tabela 3). Estes resultados mostram que o pastejo moderado promoveu maior crescimento das plantas. Já a maior intensidade de pastejo determinou maior densidade de perfilhos.

Tabela 3. Características estruturais do azevém na primeira época de diferimento (morte do perfilho principal) para as intensidades de pastejo moderada e alta.

Variáveis	Intensidade de Pastejo		CV (%)	p-valor	
	Moderada	Alta			
Nº Folhas/perfilho	4,13	2,65	11,07	0,16	
Nº Folhas vivas/perfilho	3,83	2,50	5,53	0,08*	
Nº Folhas mortas/perfilho	0,30	0,15	88,89	0,59	
Comprimento de Lâmina foliar viva (cm)	5,62	4,31	4,43	0,11	
Comprimento de Lâmina foliar Senescida (cm)	3,98	3,42	13,53	0,46	
Nº Nós Palpáveis/perfilho	1,78 a ¹	0,85 b	1,90	0,02	
Altura do último nó palpável (cm)	2,08	0,50	25,24	0,13	
Altura da última lígula (cm)	8,82	2,85	32,39	0,19	
Comprimento último nó palpável (cm)	3,00 a	0,85 b	5,98	0,03	
Comprimento da última lígula (cm)	11,05	4,42	12,29	0,09*	
Total	351,25 b	480,00 a	1,80	0,03	
Perfilhos/m ²	Vivos	279,38	390,00	7,66	0,14
	Mortos	71,88	90,00	22,39	0,50

¹Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de médias de LSD a 5% de significância.*Variáveis com p-valor seguido de asterisco na linha foram discutidas como tendência $0,05 > p < 0,10$.

Estes resultados são similares a outros verificados em trabalhos com diferentes intensidades de pastejo em azevém no período vegetativo. Plantas de azevém manejadas com intensidades de pastejo baixa ou moderada apresentam maiores taxas de alongação de lâminas foliares e altura de dossel (PONTES et al., 2003; CAUDURO et al., 2007; CONFORTIN et al., 2010). Pontes et al. (2004) ainda verificaram diferenças significativas no fluxo de tecidos de azevém manejado sob

diferentes alturas. Naquele trabalho, plantas de azevém manejadas acima de 10cm de altura apresentaram maior fluxo de crescimento, com maior produção de lâminas foliares. Em revisão de literatura, Gastal e Lemaire (2015) afirmam que desfolhas frequentes reduzem a taxa de alongação foliar e o comprimento final da folha. Estes resultados são corroborados por Confortin et al. (2013), os quais verificaram que quanto menor a intensidade de pastejo, maior é o comprimento de lâminas foliares e de colmo em pastagem de azevém.

Por outro lado, a intensidade de pastejo alta promoveu maior número de perfilhos por área. O perfilhamento é estimulado pela captação de luz nos meristemas basais dos perfilhos, e conforme Stivanin et al. (2014), a intensidade e a frequência de desfolhas modificam a dinâmica do perfilhamento, devido a mudança na quantidade e qualidade de luz que chega na base do perfilho, determinando a ativação de gemas dormentes próximas ao solo (ZANINI et al., 2012). Corroborando, Callow et al. (2010), verificaram que desfolhas no início do estágio reprodutivo estimulam a formação de novos perfilhos em cultivares de azevém anual e perene, permitindo prolongar a utilização da pastagem com maior qualidade nutricional.

Em razão do maior porte de plantas, a intensidade de pastejo moderada apresentou tendências para maior massa de lâminas foliares ($p = 0,06$), massa de colmo ($p = 0,06$) e massa total de forragem ($p = 0,072$), apresentada na tabela 4.

Tabela 4. Massa de forragem na primeira época de diferimento (morte do perfilho principal) para as intensidades de pastejo moderada e alta.

Variáveis	Intensidade de Pastejo		CV (%)	p-valor
	Moderada	Alta		
Massa de forragem de lâminas foliares (kg.ha ⁻¹)	593,88	226,13	22,81	0,06*
Massa de Forragem de colmo (kg.ha ⁻¹)	1263,34	451,25	23,66	0,06*
Relação Folha/colmo	0,47	0,50	7,54	0,56
Massa de forragem senescida (kg.ha ⁻¹)	626,50	499,63	18,71	0,35
Massa de Forragem Total (kg.ha ⁻¹)	2483,75	1177,00	20,30	0,07*

*Variáveis com p-valor seguido de asterisco na linha foram discutidas como tendência $0,05 > p < 0,10$.

A massa de forragem refletiu as características estruturais da pastagem apresentadas na tabela 2. O maior número de folhas vivas/perfilho e maior comprimento do último nó e lígula explicam a maior massa de lâminas, de colmo e massa total de forragem obtida na intensidade de pastejo moderada.

O pastejo por mais tempo, até o florescimento, manteve as diferenças estruturais verificadas no diferimento precoce (Tabela 5). A menor intensidade de

pastejo determinou maior porte de plantas, com tendência para o maior comprimento de folhas vivas ($p = 0,09$), altura do último nó palpável ($p = 0,07$) e comprimento do último nó palpável ($p = 0,07$). Já o pastejo intenso manteve maior densidade de perfilhos.

Tabela 5. Características estruturais do azevém na segunda época de diferimento (florescimento) para as intensidades de pastejo moderada e alta.

Variáveis	Intensidade de Pastejo		CV (%)	p-valor
	Moderada	Alta		
Nº Folhas/perfilho	3,68	3,85	13,95	0,79
Nº Folhas vivas/perfilho	2,78	3,15	16,03	0,57*
Nº Folhas mortas/perfilho	0,90	0,70	6,25	0,16
Comprimento Lâmina Foliar Viva (cm)	5,17	3,50	5,89	0,09*
Comprimento Lâmina Foliar Senescida (cm)	5,28	2,60	16,52	0,15
Nº Nós Palpáveis/perfilho	2,63	0,43	29,51	0,12
Altura último nó palpável (cm)	3,56	0,19	21,33	0,07*
Altura última lígula (cm)	9,29	1,81	32,82	0,15
Comprimento último nó palpável (cm)	4,26	0,35	19,33	0,07*
Comprimento última lígula (cm)	10,18	2,65	23,69	0,13
Total	492 b ¹	595 a	1,01	0,03
Perfilhos/m ²	Vivos	334	10,00	0,21
	Mortos	158	21,50	0,83

¹Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de médias de LSD a 5% de significância.*Variáveis com p-valor seguido de asterisco na linha foram discutidas como tendência $0,05 > p < 0,10$.

As duas intensidades de pastejo promoveram aumento da densidade de perfilhos em relação à primeira época de diferimento, mas com vantagem para a maior intensidade de pastejo. A manutenção da altura do dossel abaixo de 10cm promoveu maior estímulo ao perfilhamento. Corroborando, Pontes et al. (2017) verificaram menor densidade de perfilhos em consórcio de azevém e aveia preta cultivadas em áreas de integração lavoura-pecuária-floresta devido ao sombreamento das árvores.

No início da segunda época de diferimento (aparecimento das primeiras flores), a massa de forragem foi similar para as duas intensidades de pastejo (Tabela 6). Todavia, quando a intensidade de pastejo foi alta, houve a tendência de maior relação folha/colmo, ou seja, a tendência de melhor qualidade da forragem ($p=0,06$).

Tabela 6. Massa de forragem na segunda época de diferimento (florescimento) para as intensidades de pastejo moderada e alta.

Variáveis	Intensidade de Pastejo		CV (%)	p-valor
	Moderada	Alta		
Massa de forragem de lâminas foliares (kg.ha ⁻¹)	235,13	262,00	35,72	0,79
Massa de forragem de Colmo (kg.ha ⁻¹)	776,50	517,88	39,91	0,42
Relação Folha/colmo (kg.ha ⁻¹)	0,31	0,53	14,14	0,06*
Massa de forragem Senescida (kg.ha ⁻¹)	440,25	395,25	27,03	0,72
Massa de forragem Total (kg.ha ⁻¹)	1451,88	1171,13	30,64	0,56

*Variáveis com p-valor seguido de asterisco na linha foram discutidas como tendência $0,05 > p < 0,10$.

A intensidade moderada de pastejo resultou na redução acentuada na massa de lâminas foliares e colmo em comparação com o início da primeira época de diferimento. Segundo Guzatti et al. (2017), no decorrer da estação de crescimento ocorre aumento da participação de colmo e redução da porcentagem de lâminas foliares, o que pode explicar a tendência encontrada na relação folha/colmo em favor da intensidade de pastejo alta. Além disso, como verificado por Nunes et al. (2018), menores intensidades de pastejo provocam maior heterogeneidade estrutural em pastagens de azevém e aveia preta devido ao comportamento alimentar seletivo dos animais. Ou seja, os autores verificaram que intensidades de pastejo mais altas provocam consumo mais uniforme de forragem e, conseqüentemente, maior uniformidade do dossel forrageiro.

Resultados similares foram verificados por Soares et al. (2019) em consórcio de azevém anual e aveia preta manejado em pastejo contínuo por meio de duas alturas, 21 e 12cm, onde após 130 dias após a semeadura a massa de lâminas foliares foi similar para as duas intensidades de pastejo. A diminuição na massa de lâminas foliares na intensidade moderada pode estar relacionada com maior investimento em tecidos para alongamento dos entrenós do colmo, como observado por Santos et al. (2015), os quais verificaram que mesmo em condições de baixa competição por luz, plantas de azevém anual manejadas acima de 18cm de altura investem no alongamento dos entrenós. Já a intensidade alta, pela maior frequência de desfolha, ocasionou maior emissão de novos perfilhos e contínuo estímulo a formação de novas folhas com menor comprimento, mas em maior número, o que demonstra a capacidade adaptativa das plantas de azevém frente ao pastejo.

4.2 Desempenho animal

Na tabela 7 são apresentados os efeitos da intensidade de pastejo no desempenho animal. A menor intensidade de pastejo determinou tendência de maior desempenho individual dos animais ($p = 0,096$) e maior ganho médio diário ($p = 0,0935$).

Tabela 7. Ganho animal (kg.animal^{-1}), ganho por hectare (kg.ha^{-1}) e ganho médio diário ($\text{kg.animal.dia}^{-1}$) de bovinos em pastagem de azevém em duas intensidades de pastejo.

Intensidade de Pastejo	Ganho Animal (kg.animal^{-1})	Ganho de Peso/Área (kg.ha^{-1})	Ganho Médio Diário ($\text{kg.animal.dia}^{-1}$)
Moderada	60,66	179,63	0,89
Alta	48,45	204,55	0,71
CV (%)	18,68	25,71	18,32
p-valor	0,09*	0,39	0,09*

*Variáveis com p-valor seguido de asterisco na linha foram discutidas como tendência $0,05 > p < 0,10$.

A maior massa de forragem em função da menor carga animal proporcionou aos animais manejados na intensidade moderada tendência de melhor desempenho devido ao maior número e comprimento de lâminas foliares da pastagem, fatores que de acordo com Drescher et al., (2006) possuem grande influência no desempenho animal. Resultados similares foram verificados por Aguinaga et al. (2006) e Wesp et al. (2016), quando menores intensidades de pastejo proporcionaram melhor desempenho individual de novilhos devido ao aumento da quantidade e qualidade de forragem disponível por animal, em função da maior massa de lâminas foliares em consórcio de azevém e aveia preta.

Ainda sobre o efeito de diferentes intensidades de pastejo no desempenho animal, Kunrath et al. (2014) encontraram aumento do ganho de peso individual e redução do ganho por área com menor intensidade de pastejo. No referido trabalho, a cada centímetro de aumento da pastagem houve redução de 8kg de ganho de PV.ha^{-1} , mesmo padrão verificado em outros trabalhos (LOPES et al., 2008; WESP et al., 2016). Conforme Pontes et al. (2017), existe uma altura ótima de manejo para cada espécie forrageira que maximize a ingestão de forragem diária e o desempenho animal, pois, de acordo com Moraes et al. (2014), a intensidade de pastejo está

altamente relacionada com o desempenho animal por afetar a ingestão e a seletividade de forragem.

O pastejo por mais tempo, com diferimento realizado no início do florescimento, determinou melhor desempenho animal individual e por área (Tabela 8). Além de proporcionar maior tempo de pastejo, é possível que o diferimento no florescimento da pastagem tenha coincidido com período de maior produção e qualidade de forragem.

Tabela 8. Ganho animal (kg.animal^{-1}), ganho por hectare (kg.ha^{-1}) e ganho médio diário ($\text{kg.animal.dia}^{-1}$) de bovinos em pastagem de azevém em duas épocas de diferimento (morte do perfilho principal = MPP e Florescimento – Floresc.).

Época de Diferimento	Ganho Animal (kg.animal^{-1})	Ganho de Peso/Área (kg.ha^{-1})	Ganho Médio Diário ($\text{kg.animal.dia}^{-1}$)
MPP	40,41 b	142,59 b	0,71 b
Floresc.	68,70 a	241,59 a	0,89 a
CV (%)	27,73	30,40	17,60
p-valor	0,009	0,015	0,045

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de médias LSD a 5% de significância.

O diferimento realizado no início do florescimento resultou em maior desempenho animal devido, especialmente, a dois fatores. Primeiro, devido ao maior período de pastejo, com aproximadamente 30 dias de diferença frente à primeira época de diferimento. E, em segundo lugar, devido a relação do azevém com o aumento do comprimento do dia. Apesar de ser uma planta hiberna, o azevém apresenta maior produção de forragem quando o comprimento de dia e a temperatura começam a aumentar, o que leva a maior produção no início da primavera. Alves Filho et al. (2003) verificaram que 48,1% da produção de forragem de azevém ocorreu durante o mês de setembro, o que coincide com o intervalo entre as épocas de diferimento do presente trabalho.

4.3 Produção de sementes de azevém

Houve interação entre os fatores intensidade de pastejo e adubação nitrogenada em cobertura para o rendimento de sementes. As respostas ao nitrogênio (N) foram lineares para as duas intensidades de pastejo ($p < 0,0001599$) (Figura 5). A resposta do rendimento de sementes ao N, na intensidade moderada foi melhor

explicada pelo modelo $y=3,2552x+529,71$ ($p<0,0001599$). Logo, houve um aumento de $3,26 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de sementes por unidade de N aplicada. Já a intensidade alta, explicada pelo modelo $y=3,9737x+ 552,82$ ($p<3.813\text{e}^{-05}$), apresentou produção de $3,97 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de sementes por unidade de nitrogênio. Os modelos indicam que em ambas as intensidades de pastejo não se chegou ao ponto máximo de produção de sementes com aplicação de nitrogênio. Em razão da resposta linear, possivelmente maiores doses iriam ter maior resposta na produção de sementes de azevém.

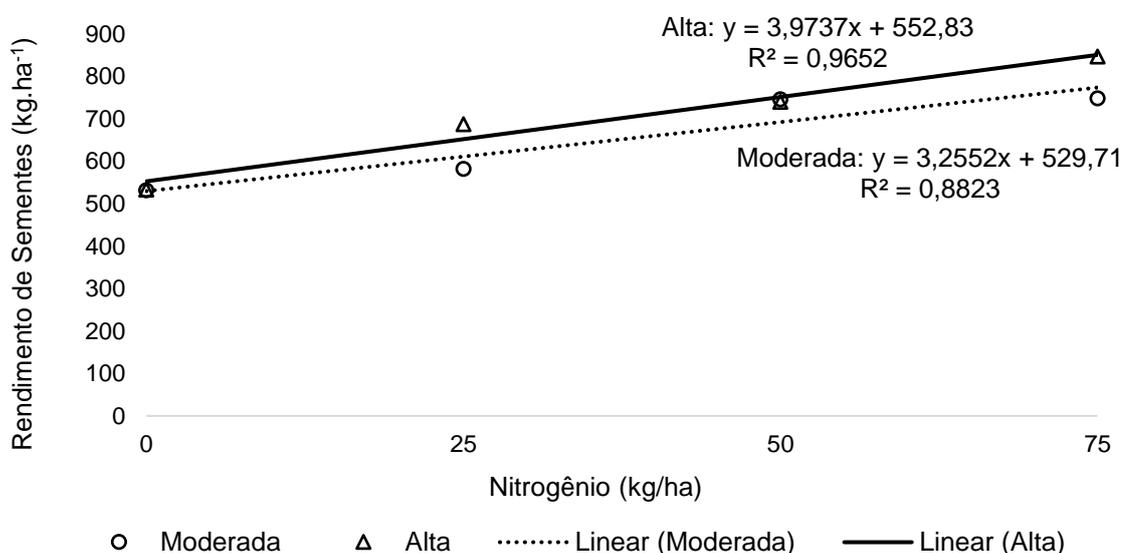


Figura 5. Interação entre intensidade de pastejo e doses de nitrogênio na produtividade de sementes de azevém.

A resposta positiva a aplicação de nitrogênio na produtividade de sementes de azevém está de acordo com vários trabalhos, que encontraram aumento da produtividade de sementes de azevém anual com doses na faixa entre 50 e $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N em diferentes condições e manejos (YOUNG et al., 1996; AHRENS e OLIVEIRA, 1997; GRIFFITH et al., 1997; SIMIC' et al., 2012; KIM et al., 2016; VLEUGELS et al., 2017).

Os resultados do rendimento de sementes também estão de acordo com os trabalhos realizados por Cunha (2012), Abib (2015) e Bilharva (2015), os quais não verificaram efeito do tempo de utilização da pastagem anteriores ao início do florescimento no rendimento de sementes. Os mesmos autores verificaram que desfolhas efetuadas quando as plantas de azevém anual estavam em pleno florescimento resultaram em diminuição da biomassa aérea final e em queda

expressiva no rendimento de sementes, corroborado por outros trabalhos (YOUNG et al., 1996; BARTHOLOMEW e WILLIAMS, 2009). Por outro lado, Tian et al. (2012) já verificaram expressiva redução no rendimento de grãos de trigo duplo propósito com corte efetuado após a alongação do colmo.

Apesar do efeito do N (em interação com a intensidade de pastejo) no rendimento de sementes, não foi verificado efeito deste macronutriente nos componentes de rendimento. O efeito do N foi verificado apenas na biomassa aérea final.

A biomassa aérea respondeu de forma quadrática às doses crescentes de N (Figura 6). A aplicação de N proporcionou acúmulo de massa aérea final acima de 4 toneladas, com o valor máximo encontrado com 58kg.ha⁻¹ de N, com 4.582kg.ha⁻¹ de MS. O menor valor (3.486,31kg.ha⁻¹ de MS) foi verificado sem aplicação de N. Estes resultados demonstram que as plantas, provavelmente, conseguiram utilizar o nitrogênio aplicado para recuperar a massa de forragem consumida pelos animais e formar novos perfilhos, independente da intensidade de pastejo e época de diferimento.

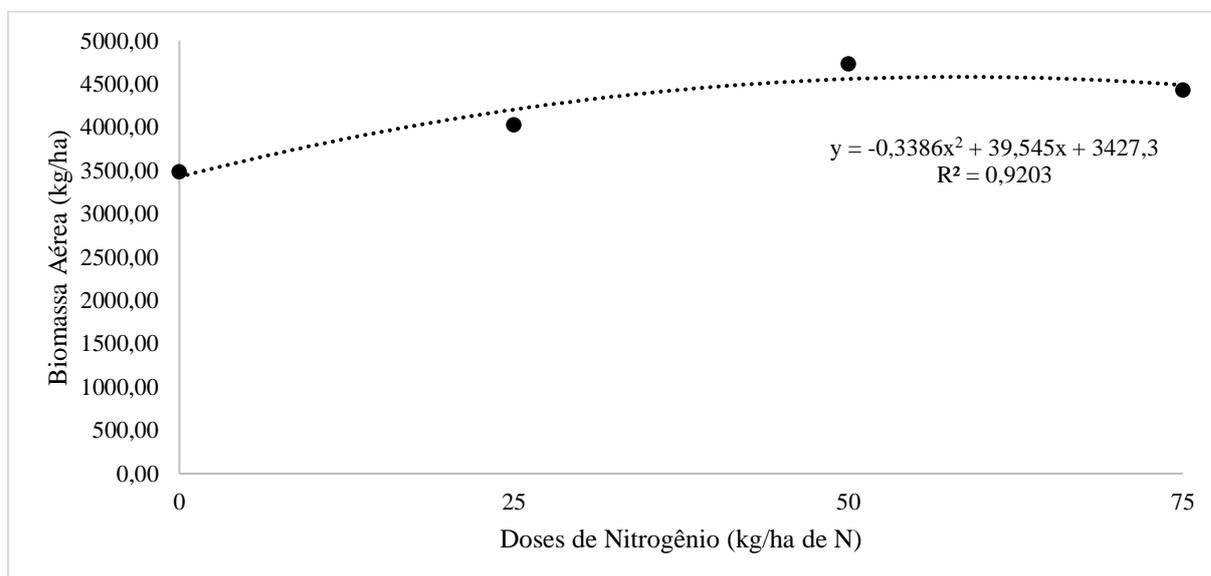


Figura 6. Biomassa aérea de azevém no momento da colheita de sementes.

A aplicação de N pós-pastejo resultou em aumento da biomassa aérea, estando de acordo com outros trabalhos (CASSOL et al., 2011; QUATRIN et al., 2015; PEMBLETON et al., 2017). O aumento da biomassa se deve principalmente ao estímulo à formação de novas folhas e perfilhos (SUN et al., 2008; WHITE e FINNAN,

2017), e pela recuperação do N consumido pelos animais durante o pastejo (LOLLATO et al., 2019).

Entretanto, a relação entre a biomassa aérea e a produtividade de sementes apresenta resultados distintos na literatura. Müller et al. (2012) encontraram correlação negativa entre estas variáveis, enquanto Martiniello e Silva (2011) relatam relação positiva para gramíneas forrageiras. Já ao analisar os trabalhos de Young et al. (1997) e Cunha et al. (2016) com azevém anual, não foi verificada relação entre rendimento de sementes e biomassa aérea final.

Apesar de não terem sido encontrados componentes de rendimento que expliquem o avanço do N até a dose de $75\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, apenas avanços não significativos no comprimento do perfilho e da folha bandeira, é possível que o efeito verificado na biomassa aérea final tenha afetado a produção de sementes. Conforme Harrison et al. (2011), a translocação de carboidratos solúveis em água do colmo para sementes é um importante fator no rendimento final. Além disso, o N também pode aumentar o número de grãos por inflorescência (FINNAN et al., 2019) e a sobrevivência de espiguetas primárias (ARISNABARRETA e MIRALLES, 2004; SADRAS e SLAFER, 2012; FERRANTE et al., 2013). Os valores médios dos componentes de rendimento são apresentados no Apêndice B.

O menor número de perfilhos férteis foi determinado pelo pastejo moderado na primeira época de diferimento, mas com expressivo aumento em comparação com a mesma intensidade em pastejo prolongado (Tabela 9). Este resultado está de acordo com Young III et al. (1996), o qual verificaram aumento do número de perfilhos com aumento do tempo de pastejo e com Cauduro et al. (2006) com aumento do perfilhamento com maiores intensidades de pastejo. A combinação entre a abertura do dossel, maior taxa de expansão foliar e consequente melhor aproveitamento da radiação solar provavelmente resultou no número máximo de perfilhos férteis para esta cultivar (SKINNER & NELSON, 1992).

Tabela 9. Interação entre intensidade de pastejo e época de diferimento para número de perfilhos férteis.m⁻² de azevém em 2017.

Intensidade de Pastejo	Época Diferimento	
	Morte Perfilho Principal	Florescimento
Moderada	2.053 Bb	3.406 Aa
Alta	3.028 Aa	3.063 Aa
CV (%)	11,66	
p-valor	0,031	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste LSD a 5% de significância; Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste LSD a 5% de significância.

A alta população de perfilhos também foi verificada quando houve maior intensidade de pastejo por menor período (até a morte dos primeiros perfilhos principais). De modo que adubações nitrogenadas posteriores a saída dos animais não resultaram em aumento da densidade de perfilhos férteis. A alta densidade de perfilhos férteis após as duas épocas de diferimento, quando o pastejo foi intenso, provavelmente determinou uma declividade levemente superior de resposta ao N para o rendimento de sementes. A sutil diferença entre as respostas ao N verificadas para as duas intensidades de pastejo também podem ser explicadas pelo maior peso de mil sementes verificado na menor intensidade de pastejo (Tabela 12).

Os resultados mostram que as plantas de azevém possuem elevada plasticidade em resposta a intensidade de pastejo e época de diferimento, sendo corroborado por Barth Neto et al. (2013) e Stivanin et al. (2014), que verificaram que a cultura mantém a população de perfilhos estável independente da cultura antecessora, intensidade ou método de pastejo, e por Callow et al. (2000), que encontraram a formação de novos perfilhos mesmo com cortes no início do período reprodutivo.

Vale ressaltar também que pelas características do experimento, especialmente pela formação da pastagem de azevém por ressemeadura natural, manejada por pastejo contínuo e elevada fertilidade do solo, tenham reduzido, ou encoberto o efeito do nitrogênio nos demais componentes de rendimento.

Os perfilhos com maior comprimento foram determinados pela menor intensidade de pastejo (Tabela 10). A diferença pode ser explicada pela desfolha menos frequente, mantendo as plantas com maior área foliar residual e maior capacidade de investimento em biomassa devido a maior produção de fotoassimilados.

Tabela 10. Comprimento médio de perfilhos (cm) em duas intensidades de pastejo.

Intensidade de Pastejo	Comprimento de Perfilho (cm)
Moderada	74,52 a
Alta	72,27 b
CV (%)	2,99
p-valor	0,026

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de médias LSD a 5% de significância.

Também foi verificado efeito da época de diferimento no comprimento de perfilhos e espigas. A primeira época de diferimento resultou em perfilhos com maior comprimento e tendência à maior comprimento de espigas ($p=0,0909$) (Tabela 11).

Tabela 11. Comprimento médio de perfilhos (cm) e de espigas (cm) em duas épocas de diferimento.

Época de Diferimento	Comprimento de Perfilho	Comprimento de Espiga
Morte Perfilho Principal	78,12 a ¹	26,55
Florescimento	68,69 b	24,64
CV (%)	2,41	14,82
p-valor	0,0006	0,09*

¹Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de médias de LSD a 5% de significância.*Variáveis com p-valor seguido de asterisco na linha foram discutidas como tendência $0,05 > p < 0,10$.

Estes resultados estão de acordo com Cunha (2012), o qual verificou redução do comprimento de perfilhos após dois cortes, e por Tian et al. (2012) com a cultura do trigo a partir da alongação do colmo. Da mesma forma, Bandeira (2011) verificou redução no comprimento da espiga de azevém com aumento no número de cortes.

É provável que o maior comprimento de perfilhos e espigas determinados pela menor intensidade e menor período de pastejo seja resultante da maior área foliar e maior tempo de recuperação após o fim do pastejo (CONFORTIN et al., 2013). Os resultados estão de acordo com Rodolfo et al. (2017), os quais verificaram redução tanto na altura quanto no número de espiguetas por espiga com aumento do número de cortes em trigo duplo propósito.

Entretanto, apesar de as plantas manejadas sob menor intensidade e por menor período apresentarem maior comprimento de perfilhos e espigas, trabalhos com reguladores de crescimento indicam vantagens para plantas de menor porte. Neste sentido, Rolston et al. (2016) e Trethewey et al. (2016) verificaram aumento entre 25,6 e 35kg.ha⁻¹ de sementes a cada um centímetro de redução no comprimento

de perfilhos em cultivares de azevém anual diploides e tetraploides. Os autores atribuem o incremento na produção de sementes às plantas com menor porte devido à redução do acamamento, mantendo as plantas com maior interceptação da radiação por mais tempo.

Resultados similares também foram encontrados com azevém perene (CHYNOWETH et al., 2014) e festuca alta (*Schedonorus phoenix* (Scop.) Holub) por Chastain et al. (2014) e aveia branca (KASPARY et al., 2015). Com base nestes trabalhos, é provável que os resultados no comprimento dos perfilhos tenha influenciado o rendimento de sementes, com vantagem para a maior intensidade de pastejo.

O maior peso de mil sementes (PMS) foi determinado pela menor intensidade de pastejo (Tabela 12). Este resultado também auxilia a explicar a diferença no rendimento de sementes, pois a menor intensidade de pastejo pode ter se aproximado do rendimento da maior intensidade de pastejo devido ao maior peso das sementes.

Tabela 12. Peso de mil sementes para duas intensidades de pastejo em 2017.

Intensidade de Pastejo	Peso de mil sementes (g)
Moderada	1,79 a
Alta	1,71 b
CV (%)	0,54
p-valor	0,025

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de médias LSD a 5% de significância.

Sementes com maior peso específico indicam maior translocação de fotoassimilados durante a fase de enchimento (TRETHERWEY e ROLSTON, 2009). O que permite supor que as plantas manejadas na menor intensidade de pastejo tenham maior área foliar do que as plantas manejadas na intensidade de pastejo alta.

Com base nas diferenças verificadas no comprimento de perfilhos (Tabela 10), é provável que a menor intensidade de pastejo tenha determinado plantas com folhas de maior comprimento, especialmente a folha bandeira. É possível que a leve diferença de comprimento da folha terminal tenha resultado na diferença verificada no PMS, pois há uma forte relação entre o comprimento da folha bandeira e rendimento de sementes (NEHE et al., 2020). A diferença no PMS possivelmente contribuiu para a diferença verificada entre as intensidades de pastejo no rendimento de sementes,

pois este é um componente que contribui positivamente para o aumento de rendimento (CHASTAIN et al., 2015).

De modo geral, verifica-se, em um grande número de estudos com azevém anual (HIDES et al., 1993; YOUNG et al., 1996; VENUTO et al., 2002; NAYLOR, 2003; SILVA, 2012) que os valores de PMS se situam abaixo da faixa normal da espécie, entre 2,0 e 2,5g. Alguns autores justificam o baixo PMS por estresse hídrico (WANG et al., 2008; MARTINIELLO e SILVA, 2011) e competição intraespecífica. De acordo com os trabalhos anteriormente citados, no presente estudo, durante o primeiro ano de avaliações, houve importante período com precipitações insignificantes na fase final do ciclo produtivo da cultura (Figura 1). A população média de perfilhos férteis também esteve um pouco superior (2.888 perfilhos.m⁻²) ao recomendado por Carámbula (1977) (aproximadamente entre 2.000 e 2.500 perfilhos.m⁻²) para que haja PMS igual ou superior a 2g.

4.4 Qualidade das sementes

Os resultados mostraram tendência de maior emergência em campo ($p=0,0686$) para a semente produzida por plantas pastejadas sob intensidade moderada (Tabela 13), indicando tendência de maior vigor, pois o teste possui elevada relação com o desempenho em campo (BORSATO et al., 2000; DE PIERI et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2019).

Tabela 13. Teste de emergência à campo para duas intensidades de pastejo.

Intensidade de Pastejo	Emergência à Campo (%)	p-valor
Moderada	71	0,0686*
Alta	67	
CV (%)	7,54	

*Variáveis com p-valor seguido de asterisco na linha foram discutidas como tendência $0,05 > p < 0,10$.

Esta tendência possivelmente foi determinada pelo maior PMS das plantas sob menor intensidade de pastejo (TERNUS et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2019). Corroborando, Rodolfo et al. (2017) verificaram redução no vigor com aumento no número de cortes, mas sem redução na viabilidade em trigo duplo propósito.

Apesar de não ter ocorrido resultados significativos na viabilidade e demais testes de vigor (Tabela 13), é importante ressaltar que independente das diferentes formas de manejo empregadas, as sementes superaram o nível mínimo de viabilidade

exigido (70%) para comercialização de sementes de azevém no Brasil de acordo com a Instrução normativa nº. 44, de 22 de novembro de 2016 (BRASIL, 2016).

A germinação média foi de 91%, com baixa amplitude, entre 89 e 93% entre todos os tratamentos. A primeira contagem da germinação apresentou valor médio de 85% e baixa amplitude, entre 82% e 87%. O teste de envelhecimento acelerado apresentou valor médio de 77%, e baixa amplitude, entre 71% e 79%. Já o teste de emergência à campo apresentou valores mais baixos e maior amplitude (Tabela 14).

Tabela 14. Valores médios de viabilidade e vigor de sementes de azevém na interação entre duas intensidades de pastejo, duas épocas de diferimento e quatro doses de nitrogênio.

Intensidade Pastejo	Época Diferimento	Nitrogênio (kg/ha)	G (%)	PC (%)	EA (%)	EC (%)		
Moderada	MPP	0	90	83	74	70		
		25	93	87	77	72		
		50	90	83	79	72		
		75	92	86	77	69		
		0	93	86	79	71		
	Floresc.	25	93	86	78	69		
		50	92	85	79	74		
		75	92	84	78	70		
		Alta	MPP	0	89	82	75	67
				25	90	83	76	70
50	93			85	76	70		
75	93			86	77	71		
0	90			84	76	68		
Floresc.	25	90	84	71	54			
	50	91	84	77	68			
	75	90	85	74	68			
Médias			91	85	77	69		

G = Germinação; PC = Primeira contagem da germinação; EA = Envelhecimento acelerado; EC = Emergência à campo.

4.5 Fase soja

O manejo da pastagem afetou o desenvolvimento inicial da soja por meio da intensidade de pastejo (Tabela 15) e época de diferimento (Tabela 16). Estes resultados estão de acordo com Carvalho et al. (2010), os quais afirmam que o desenvolvimento da cultura sucessora depende das condições criadas pelo manejo da pastagem. A menor intensidade e o pastejo por menor tempo promoveram maior acúmulo de matéria seca da parte aérea da soja aos 34 dias após semeadura, similar ao verificado por Kunrath et al. (2015). Autores indicam que esta diferença se deve a maior produção de folhas da oleaginosa (GASPAR et al., 2017),

Tabela 15. Massa seca da parte aérea de soja no estágio V4 para duas intensidades de pastejo em 2018.

Intensidade de Pastejo	Massa seca da parte aérea (kg.ha⁻¹)
Moderada	289,72 a
Alta	190,14 b
CV (%)	0,69
p-valor	0,003

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de médias LSD ao nível de 5% de significância.

Tabela 16. Massa seca da parte aérea de soja no estágio V4 para duas épocas de diferimento da pastagem em 2018.

Época de diferimento	Massa seca da parte aérea (kg.ha⁻¹)
MPP	295,94 a
Florescimento	183,93 b
CV (%)	30,02
p-valor	0,04

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de médias LSD ao nível de 5% de significância.

O pastejo mais intenso e por mais tempo resultaram em condição desfavorável para o desenvolvimento inicial da soja, pois de acordo com Board e Modali (2005), baixas taxas de acúmulo de matéria seca são resultantes de um ou mais fatores limitantes ao desenvolvimento da cultura desde a emergência. É possível que a maior carga animal e o pastejo por mais tempo tenham resultado em aumento da densidade do solo, impedindo o desenvolvimento radicular (MOREIRA et al., 2012; MOREIRA et al., 2014), principalmente na camada superficial do solo, como verificado por Ambus et al. (2018), limitando assim o desenvolvimento da soja.

Entretanto, no estágio de florescimento pleno da soja (R2), não foram verificadas diferenças no desenvolvimento das plantas. Ou seja, as plantas de soja em áreas manejadas com maior intensidade e por mais tempo de pastejo conseguiram igualar o desenvolvimento das demais. A recuperação das plantas está de acordo com Gaspar et al. (2017), que afirmam que plantas de soja apresentam maior taxa de acúmulo de matéria seca e absorção de N a partir do florescimento do que na fase vegetativa. Além disso, Ambus et al. (2018) verificaram que a compactação do solo pós pastejo pode ser mitigada durante o desenvolvimento da soja através da atividade biológica, ciclos de aumento da umidade e secagem, e decomposição das raízes da pastagem, regenerando a estrutura física do solo.

Foi verificada tendência ($p < 0,09$) de maior produtividade de soja quando o azevém foi submetido a maior intensidade de pastejo (Tabela 17). Entretanto, os demais componentes de rendimento não apresentaram efeito simples para este fator.

Tabela 17. Componentes de rendimento da soja após duas intensidades de pastejo em 2018.

Componentes de Rendimento	Intensidade de Pastejo		CV (%)	p-valor
	Moderada	Alta		
Produtividade (kg.ha⁻¹)	1.931,72	2.221,73	5,62	0,09*
Nº Vagens/planta	31,75	31,93	21,10	0,95
Nº Grãos/Planta	64,13	65,89	23,06	0,79
Nº Grãos/vagem	2,00	2,06	5,14	0,36
PMS	157,13	155,81	3,40	0,61

*Variáveis com p-valor seguido de asterisco na linha foram discutidas como tendência $0,05 > p < 0,10$.

O efeito das duas intensidades de pastejo contrasta com outros resultados em sistemas de integração lavoura-pecuária, onde não foram verificados efeitos da intensidade de pastejo na produtividade de soja (CARVALHO et al., 2010; DA SILVA et al., 2014a; KUNRATH et al.; 2015). Conforme Oliveira et al. (2013), o volume e distribuição de chuvas durante o desenvolvimento da oleaginosa afeta mais a produtividade do que a intensidade de pastejo.

Os resultados demonstram que a presença de animais em sistemas de integração lavoura-pecuária não prejudicam o rendimento da soja. Entretanto, é preciso ressaltar que a intensidade de pastejo alta pode resultar em condições desfavoráveis para o cultivo de soja, mesmo que sem redução na produtividade da oleaginosa.

Da Silva et al. (2014a) atribuem a ausência de efeito da intensidade de pastejo à capacidade de adaptação da soja a diferentes condições, desde que a qualidade do solo não esteja comprometida. Da mesma forma, Kunrath et al. (2015) verificaram menor população de soja após pastejo intenso, mas com plantas com maior número de grãos por planta, como compensação. Além disso, Carvalho et al. (2010) e Kunrath et al. (2020) afirmam que maiores intensidades de pastejo reduzem a palhada residual, podendo ocasionar aumento da incidência de plantas daninhas (SCHUSTER et al., 2016), além de reduzir o teor de umidade do solo pela menor infiltração de água (MARTINS et al., 2016; BONETTI et al., 2019) causado pela compactação da camada superficial do solo (MOREIRA et al., 2014; AMBUS et al., 2018).

De modo geral, estes resultados reforçam a necessidade de estudos de longo prazo englobando outros componentes do sistema, especialmente a análise da condição física e química do solo, pois este é o componente central dos processos, o qual indica a direção das mudanças impostas pelo manejo da pastagem empregado (CARVALHO et al., 2018).

4.6 Resultado econômico simplificado

Na tabela 18 são apresentados os valores obtidos a partir das diferentes formas de manejo da pastagem, com duas intensidades de pastejo e duas épocas de diferimento. Nesta análise foram utilizados os valores médios de produtividade de sementes de azevém e soja, considerando a média das doses de nitrogênio, mais o ganho de peso por área, englobando quatro sistemas de manejo, com duas intensidades de pastejo e duas épocas de diferimento.

Tabela 18. Receita bruta (R\$.ha⁻¹) de soja (sc.ha⁻¹), sementes de azevém (kg.ha⁻¹) e ganho de peso por área (kg.ha⁻¹) em sistema de integração lavoura-pecuária em duas intensidades de pastejo e duas épocas de diferimento.

Intensidade de Pastejo	Época de Diferimento	Soja¹	Sementes Azevém²	Carne³	Total
Moderada	MPP	2.230,65	2.652,30	813,72	5.696,67
	Florescimento	2.973,42	2.561,97	1.438,84	6.974,23
Alta	MPP	2.826,04	2.738,09	974,36	6.538,48
	Florescimento	3.159,27	2.876,65	1.590,76	7.626,68

¹Média do preço da soja entre 2017 e 2021 (CONAB R\$80,82/sc); ²Valor de venda comercial da cultivar Ponteio, safra 2020 (R\$4,00/kg); ³Média do preço de 2016-2020 (EMATER R\$6,27/kg).

Mais do que a análise dos valores obtidos em cada sistema, que sofre flutuações de acordo com o mercado e valor das commodities (BELL e MOORE, 2012; RYSCHAWY et al., 2012), salienta-se a importante participação da produção de carne em um sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), com potencial de gerar receita adicional aos produtores (FRANZLUEBBERS e STUEDEMANN, 2007; OLIVEIRA et al., 2013).

Segundo Ryschawy et al. (2012), os sistemas integrados resultam em benefícios econômicos através da combinação entre atividades complementares, e neste ponto, a inserção da produção de sementes de azevém se mostra como mais uma atividade a beneficiar o sistema e criar novas possibilidades de produção (MORAINE et al., 2014). A inserção da produção de sementes de azevém se mostrou complementar e sinérgica ao sistema de integração lavoura-pecuária como mais uma opção de diversificação e intensificação de produção (LEMAIRE et al., 2014; MARTIN et al., 2016).

Além do retorno econômico adicional que as sementes de azevém podem resultar, é importante salientar que o rendimento e qualidade fisiológica das sementes produzidas nas diferentes formas de manejo apresentam potencial de garantir a ressemeadura natural da pastagem (BARTHOLOMEW e WILLIAMS, 2009). Como verificado por Barth Neto et al. (2014), o estabelecimento da pastagem por ressemeadura natural reduz custos e trabalho, além de aumentar o período de utilização da pastagem.

4.7 Sistema Integrado Lavoura-Pecuária-Sementes

A partir dos resultados obtidos com a produção animal, de sementes de azevém e rendimento de soja nas diferentes formas de manejo empregadas, é possível elencar as principais propostas de manejo de acordo com o objetivo desejado.

- 1) O manejo da pastagem com maior intensidade de pastejo e diferida no florescimento com dose de $75\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N proporcionou maior produção animal por área e elevado rendimento de sementes, mas sem reduzir o rendimento da soja, que mostrou tendência de maior produção. Esta é a proposta mais intensiva, que tem como prioridade a produtividade. Porém, há a necessidade de estudos mais longevos

para se ter mais consistência desta informação, especialmente, pelo pior estabelecimento da soja verificado com esta proposta de sistema produtivo.

2) O pastejo moderado até o início do florescimento com dose de $75\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N apresentou maior desempenho animal individual, sementes de azevém com maior qualidade fisiológica e melhor estabelecimento da cultura da soja. Esta proposta tem maior impacto na qualidade dos produtos gerados pelo azevém, tanto a semente quanto o produto animal. Torna-se uma opção importante para a terminação de novilhos. Salienta-se também a melhora do estabelecimento da soja em comparação ao pastejo intenso e prolongado.

3) O pastejo moderado por menor período, até a morte do perfilho principal, com aplicação de $75\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, diferencia-se positivamente dos anteriores pelo melhor estabelecimento da soja. Negativamente, a principal diferença é a redução da produção animal.

Estas propostas, com a inclusão da produção de sementes de azevém, estão de acordo com a análise de 16 anos de experimento de integração lavoura-pecuária realizada por Kunrath et al., (2020). Entretanto, apesar de verificar que é possível empregar alta intensidade de pastejo, os autores recomendam a utilização da intensidade moderada como forma de maximizar a produção vegetal e animal, além de manter a sustentabilidade do sistema, pois conforme Carvalho et al. (2010), o manejo da pastagem define a natureza e intensidade das modificações no ambiente.

A sustentabilidade de um sistema ILP reside na capacidade da interação em gerar benefícios econômicos e ambientais (BONAUDO et al., 2014), sem ser guiado apenas por questões de mercado e financeiras (PEYRAUD et al., 2014). A principal forma de gerar desequilíbrio no sistema ILP reside na possibilidade do pastejo resultar em distúrbios no solo quando manejado de forma equivocada (SULC e FRANZLUEBBERS, 2014; MARTIN et al., 2016), pois o manejo da pastagem possui posição central na proteção do solo e aumento da fertilidade (MORAINE et al., 2014).

O equilíbrio entre pastejo e eficiência do sistema ILP com forrageiras anuais é verificado com intensidade moderada de pastejo através da manutenção da cobertura do solo (KUNRATH et al., 2014,) produção de palhada para a cultura subsequente (CARVALHO et al., 2018) com conseqüente redução de plantas daninhas (SCHUSTER et al., 2016). Além disso, favorece as condições físicas do solo, aumentando a infiltração e retenção de água (BONETTI et al., 2019), acúmulo de

carbono orgânico (DA SILVA et al., 2014b; CECAGNO et al., 2018), aumento da atividade biológica (AMBUS et al., 2018), aumento do teor de fósforo (COSTA et al., 2013; DEISS et al., 2016) e mitigação do efeito da emissão de gás metano entérico (SOUZA FILHO et al., 2019).

Pelo exposto, deve-se considerar a utilização de maior intensidade de pastejo (proposta 1) apenas como uma alternativa temporária e estratégica. O emprego de intensidade moderada de pastejo pode reduzir o retorno econômico imediato, mas em compensação pode promover aumento da produção de alimentos e sustentabilidade ambiental no longo prazo (BONAUDO et al., 2014; LEMAIRE et al., 2014).

5. Conclusões

A maior intensidade de exploração deste sistema resulta em maior produtividade, tanto animal quanto de sementes de azevém, sem afetar o rendimento da soja em sucessão. Em termos produtivos é a melhor opção de manejo, no entanto, salienta-se o pior estabelecimento da cultura da soja após maior intensidade de pastejo e diferimento no florescimento do azevém.

A diminuição da intensidade e do período de pastejo favorecem apenas o estabelecimento da soja, porém há importante redução de produção animal devido ao menor ganho de peso por área.

A menor intensidade de pastejo favorece maior ganho de peso individual e maior peso de sementes de azevém, bem como a sustentabilidade do sistema produtivo, evidenciada pelo melhor estabelecimento da soja. Este manejo determinou maior qualidade dos produtos analisados.

Referências Bibliográficas

ABATI, J. et al. Seedling emergence and yield performance of wheat cultivars depending on seed vigor and sowing density. **Journal of Seed Science**, v.39, p.1-8, 2017.

ABIB, FLÁVIO REINA. **Morfogênese e componentes de rendimento de sementes de azevém anual cv. BRS Integração em função da época de desfolha**. 2015. 60f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia em Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2015.

AHRENS, D.C.; OLIVEIRA, J.C. Efeitos do manejo do azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) na produção de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, p.41-47, 1997.

AGUINAGA, A.A.Q. et al. Produção de novilhos superprecoces em pastagem de aveia e azevém submetidas a diferentes alturas de manejo. **Ver. Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1765-1773, 2006 (supl.).

AGUIRRE, M. et al. Carbohydrate reserves and seed development: an overview. **Plant Reproduction**, v.31, p.263-290, 2018.

ALONSO, S.I. Evaluation of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) populations naturalized in the flooding pampa of Argentina: I – Morphological and physiological characters at the juvenile stage. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 51, p. 747-758, 2004.

ALVES FILHO, D.C. et al. Características agronômicas produtivas, qualidade e custo de produção de forragem em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) fertilizada com dois tipos de adubo. **Revista Ciência Rural**, v.33, p.143-149, 2003.

AMARAL, M.F. et al. Sward structure management for a maximum short-term intake rate in annual ryegrass. **Grass and Forage Science**, v.68, p.271-277, 2013.

AMBUS, J.V. et al. Changes in composition and functional soil properties in long-term no-till integrated crop-livestock system. **Geoderma**, v.330, p.232-243, 2018.

AN, J.; ZHANG, Y.; YU, N. Quantifying the effect of soil physical properties on the compressive characteristics of two arable soils using uniaxial compression tests. **Soil and Tillage Research**, v.145, p.216-223, 2014.

ANDRADE, G.C.; COELHO, C.M.M.; PADILHA, M.S. Seed reserves reduction rate and reserves mobilization to the seedling explain the vigour of maize seeds. **Journal of Seed Science**, v.41, p.488-497, 2019.

ANNICCHIARICO, P.; TOMASONI, C. Optimizing legume content and forage yield of mown white clover-Italian ryegrass mixtures through nitrogen fertilization and grass row spacing. **Grass and Forage Science**, v.65, p.220-226, 2010.

ARISNABARRETA, S.; MIRALLES, D.J. The influence of fertilizer nitrogen application on development and number of reproductive primordia in field-grown two-and six-rowed barleys. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.55, p.357-366, 2004.

ASSMANN, J.M. et al. Carbon and nitrogen in an integrated soybean-beef cattle production system under different grazing intensities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.967-978, 2015.

ASSMANN, J.M. et al. Calcium and magnesium released from residues in an integrated crop-livestock system under different grazing intensities. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.41, p.1-13, 2017.

BALBINOT JUNIOR, A.A. et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v.39, p.1925-1933, 2009.

BANDEIRA, ANDRIÉLI HEDLUND. **Produtividade, qualidade bromatológica e distinguibilidade de sementes de azevém submetido a distintos cortes, doses e fontes de nitrogênio**. 2011. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

BARBOSA, C.M.P. et al. Efeito de métodos e intensidades de pastejo sobre a ressemeadura natural de azevém anual. **Acta Scientiarum**, v.30, p.387-393, 2009.

BARRACLOUGH, P.B. et al. Genotypic variation in the uptake, partitioning and remobilization of nitrogen during grain-filling in wheat. **Field Crops Research**, v. 156, p.242-248, 2014.

BARTH NETO, A. et al. Perfilhamento em pastagens de azevém em sucessão a soja ou milho, sob diferentes métodos e intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.329-338, 2013.

BARTH NETO, A. et al. Italian ryegrass establishment by self-seeding in integrated crop-livestock systems: Effects of grazing management and crop rotation strategies. **European Journal of Agronomy**, v.57, p.77-83, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2014.04.005>

BARTHOLOMEW, P.W.; WILLIAMS, R.D. Establishment of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) by self-seeding as affected by cutting date and degree of herbage removal in spring in pastures of the southern Great Plains of the United States. **Grass and Forage Science**, v.64, p.177-186, 2009.

BEDDOWS, A.R. *Lolium multiflorum* Lam. **Journal of Ecology**, v. 61, p. 587-600, 1973.

BELL, L.W.; MOORE, A.D. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. **Agricultural Systems**, v.111, p.1-12, 2012.

BERTOLAZI, V.T. et al. Impacto f an integrated no-till soybean-beef cattle production system on Oxisol mineralogy in southern Brazil. **Applied Clay Science**, v.147, p.67-74, 2017.

BILHARVA, M.G. **Ecofisiologia da produção de azevém anual (BRS Estações) sob diferentes frequências de desfolha**. 2015. 49f. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2015.

BOARD, J.E.; MODALI, H. Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybean. **Crop Science**, v.45, p.1790-1799, 2005.

BOLKE, D.R. et al. Production of annual ryegrass with different doses of nitrogen fertilization in topdressing. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, p.1329-1338, 2019.

BONAUDO, T. et al. Agroecological principles for the redesign of integrated crop-livestock systems. **European Journal of Agronomy**, v.57, p.43-51, 2014.

BONETTI, J.A. et al. Impact of a long-term crop-livestock system on the physical and hydraulic properties of an Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v.186, p.280-291, 2019.

BORSATO, A.V. et al. Avaliação de testes de vigor para sementes de aveia-branca (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, p.163-168, 2000.

BULLER, L.S. Soil improvement and mitigation of greenhouse gas emissions for integrated crop-livestock systems: Case study assessment in the Pantanal savanna highland, Brazil. **Agricultural Systems**, v.137, p.206-219, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA, 395p., 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa* n. 44, de 22 de Novembro de 2016. Diário Oficial da União, n. 230, seção 1, p.8-11, 2016. Disponível:
http://www.lex.com.br/legis_27233756_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_44_DE_22_NOVEMBRO_DE_2016.aspx. Acesso em: 22 de maio de 2020.

CALLOW, M.N. et al. The effect of defoliation practice in western Australia on tiller development of annual ryegrass (*Lolium rigidum*) and italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) and its association with forage quality. **Grass and forage Science**, v. 55, p. 232-241, 2000.

CARÁMBULA, M. **Producción y manejo de pasturas sembradas**. Ed. Hemisferio Sur, Montevideo. 464 p., 1977.

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

CAUDURO, G.F. et al. Variáveis morfogênicas e estruturais de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejados sob diferentes intensidades e métodos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1298-1307, 2006.

CAUDURO, G.F. et al. Fluxo de biomassa aérea em azevém anual manejado sob duas intensidades e dois métodos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.282-290, 2007.

CARVALHO, P.C.F. et al. Forrageiras de Clima Temperado. In.: FONSECA, D.M.; MARSTUCELLO, J.A. (Org.) **Plantas Forrageiras**. Viçosa:Ed. UFV, 2013. p. 494-537.

CARVALHO, P.C.F. et al. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88, p. 259-273, 2010.

CARVALHO, P.C.F. et al. Integrating the pastoral component in agricultural systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.47, e20170001, 2018.

CAVERZAN, A. et al. How does seed vigour affect soybean yield components? **Agronomy Journal**, v.110, p.1318-1327, 2018.

CECAGNO, D. et al. Least limiting water range and soybean yield in a long-term, no-till, integrated crop-livestock system under different grazing intensities. **Soil & Tillage Research**, v.156, p.54-62, 2016.

CECAGNO, D. et al. Soil organic carbon in an integrated crop-livestock system under different grazing intensities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, p.1-7, 2018.

CHAPMAN, D.F. Using ecophysiology to improve farm efficiency: application in temperate dairy grazing systems. **Agriculture**, v.6, p.17-36, 2016.

CHASTAIN, T.G.; GARBACIK, C.J.; YOUNG III, W.C. Spring-applied nitrogen and trinexapac-ethyl effects on seed yield in perennial ryegrass and tall fescue. **Agronomy Journal**, v.106, p.628-633, 2014.

CHASTAIN, T.G. et al. Irrigation frequency and seasonal timing effects on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) seed production. **Field Crops Research**, v.180, p. 126-134, 2015.

CHASTAIN, T.G. et al. Tillage and establishment system effects on annual ryegrass seed crops. **Plant Crops Research**, v. 209, p. 144-150, 2017.

CHARMET, G.; BALFOURIER, F. Isozyme variation and species relationship in the genus *Lolium* L. (ryegrasses, Gramineae). **Theoretical Applied Genetic**, v.87, p. 641-649, 1994.

CHYNOWETH, R.J. et al. Reduced stem length increases perennial ryegrass seed yield. **Agronomy New Zealand**, v.44, p. 61-70, 2014.

COOPER, J.P. Developmental analysis of populations in the cereal and herbage grasses: II. Response to low-temperature vernalization. **Journal of Agricultural Science**, v. 49, p. 361-383, 1957.

COOPER, J.P.; CALDER, D.M. The inductive requirements for flowering of some temperate grasses. **Journal of British Grassland Society**, v.19, p.6-14, 1964.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra Brasileira de grãos de 2019/2020 – oitavo levantamento, Brasília, maio de 2021a. Acesso em 04/08/2021. ><https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos><

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Série histórica das safras: Soja, Brasília, Julho de 2021b. Acesso em 04/08/2021. ><https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30><

CONFORTIN, A.C.C. et al. Fluxo de tecido foliar em azevém anual manejado sob três intensidades de pastejo. **Ciência Rural**, v.39, p.1193-1199, 2009.

CONFORTIN, A.C.C. et al. Morfogênese e estrutura de azevém anual submetido a três intensidades de pastejo. **Acta Scientiarum**, v.32, p.385-391, 2010.

CONFORTIN, A.C.C. et al. Diferentes massas de forragem sobre as variáveis morfológicas e estruturais de azevém anual. **Ciência Rural**, v.43, p.496-502, 2013.

COSTA, C.J. et al. **Superação da dormência em sementes de azevém da cultivar BRS Ponteio**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 17p., 2013 (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 196).

COSTA, S.E.V.G.A. et al. Impact of an integrated no-till crop-livestock system on phosphorus distribution, availability and stock. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.190, p.43-51, 2013.

CUNHA, RICARDO PEREIRA DA. **Manejo da desfolha na Ecofisiologia da produção de forragem e sementes de azevém anual**. 2012. 47f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2012.

CUNHA, R.P. et al. Relationship between the morphogenesis of Italian ryegrass cv. 'BRS Ponteio' with forage and seed production. **Ciência Rural**, v.46, p.53-59, 2016.

DA SILVA, F.D. et al. Pasture grazing intensity and presence or absence of cattle dung input and its relationships to soybean nutrition and yield in integrated crop-livestock systems under no till. **European Journal of Agronomy**, v.57, p. 84-91, 2014a.

DA SILVA, F.D. et al. Soil carbon indices as affected by 10 years of integrated crop-livestock production with different pasture grazing intensities in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p.60-69, 2014b.

DA SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F.; PEREIRA, L.E.T. Ecophysiology of C₄ forage grasses – Understanding plant growth for optimizing their use and management. **Agriculture**, v.5, p.598-625, 2015.

DEBIASE, H.; FRANCHINI, J.C. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, v.42, p.1180-1186, 2012.

DEBOER, M.L. et al. Yield, nutritive value, and preference of annual warm-season grasses grazed by horses. **Crop Economics, Production & Management**, v.109, p.2136-2148, 2017.

DE PIERI, M.M; COELHO, C.M.M.; NERLING, D. Qualidade física e fisiológica de lotes de sementes de *Avena sativa*, *Avena strigosa* e *Lolium multiflorum* produzidas em Santa Catarina. **Brazilian Journal of Development**, v.5, p. 22391-22400, 2019.

DEISS, L. et al. Soil phosphorus compounds in integrated crop-livestock systems of subtropical Brazil. **Geoderma**, v.274, p.88-96, 2016.

DUCHINI, P.G. et al. Tiller size/density compensation in temperate climate grasses grown in monoculture or in intercropping systems under intermittent grazing. **Grass and Forage Science**, v. 69, p.655-665, 2014.

DUCHINI, P.G. et al. Intercropping black oat (*Avena strigosa*) and annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) can increase pasture leaf production compared with their monocultures. **Crop and Pasture Science**, v.67, p.574-581, 2016.

DUMONT, B. et al. When does grazing generate stable vegetation patterns in temperate pastures? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.153, p.50-56, 2012.

EICHELBERGER, L. et al. Efeito do retardamento da secagem na qualidade fisiológica de sementes armazenadas de azevém anual. **Pesquisa Brasileira Agropecuária**, v.38, p.643-650, 2003.

EICHELBERGER, L.; MAIA, M.S.; CAMACHO, J.C.B. Períodos de pré-esfriamento na superação da dormência de sementes de azevém-anual (*Lolium multiflorum* Lam.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, p. 212-218, 2001.

EMATER. Empresa de assistência técnica e extensão rural do Rio Grande do Sul. Informações Agropecuárias: Série histórica Soja. Emater/RS-ASCAR, Porto Alegre, 2021. Acesso em 04/08/2021. ><http://www.emater.tche.br/site/servicos/serie-historica.php#.YQrWpYhKjIU><

EVERS, G.W.; NELSON, L.R. Grazing termination date influence on annual ryegrass seed production and reseeded in the southeastern USA. **Crop Science**, v.40, p.1724-1728, 2000.

FERRANTE, A.; SAVIN, R.; SLAFER, G.A. Floret development and grain setting differences between modern durum wheats under contrasting nitrogen availability. **Journal of Experimental Botany**, v.64, p.169-184, 2013.

FERRAZZA, J.M. et al. Dinâmica de produção de forragem de gramíneas anuais de inverno em diferentes épocas de semeadura. **Ciência Rural**, v.43, p.1174-1181, 2013.

FERREIRA, D.F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p.529-535, 2019.

FINNAN, J.; SPINK, J. Identification of yield limiting phenological phases of oats to improve crop management. **Journal of Agricultural Science**, v.155, p.1-17, 2017.

FINNAN, J.; BURKE, B.; SPINK, J. The effect of nitrogen timing and rate on radiation interception, grain yield and grain quality in autumn sown oats. **Field Crops Research**, v.231, p.130-140, 2019.

FLORES, R.A. et al. Produção de forragem de populações de azevém anual no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1168-1175, 2008.

FONSECA, L. et al. Effect of sward surface height and level of herbage depletion on bite features of cattle grazing *Sorghum bicolor* swards. **Journal of Animal Science**, v.91, p.4357-4365, 2013.

FONTANELI, S.R. et al. Gramíneas forrageiras anuais de inverno. In.: R.S. Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira. Ed.:

FONTANELI, S.R.; DOS SANTOS, H.P.; FONTANELI, 2. Ed, Brasília, DF: Embrapa, 2012. 544 p.

FOX, A. et al. Positive legacy effect of previous legume proportion in a ley of the performance of a following crop of *Lolium multiflorum*. **Plant and Soil**, v.447, p.497-506, 2020.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKY, F.C. Tetrazolium: an importante test for physiological seed quality evaluation. **Journal of Seed Science**, v.41, p.359-366, 2019.

FRANZLUEBBERS, A.J.; STUEDEMANN, J.A. Crop and cattle responses to tillage systems for integrated crop-livestock production in the Southern Piedmont, USA. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v.22, p.168-180, 2007.

FRANZLUEBBERS, A.J.; SAWCHIK, J.; TABOADA, M.A. Agronomic and environmental impacts of pasture-crop rotations in temperate North and South America. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.190, p.18-26, 2013.

FRANZLUEBBERS, A.J et al. Toward agricultural sustainability through integrated crop-livestock systems: Environmental outcomes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.190, p.1-3, 2014.

FREITAS, A.K. et al. Nutritional composition of the meat of Hereford and Braford steers finished on pastures or in a feedlot in southern Brazil. **Meat Science**, v.96, p.353-360, 2014.

GASPAR, A.P. et al. Dry matter and nitrogen uptake, partitioning, and removal across a wide range of soybean seed yield levels. **Crop Science**, v.57, p.2170-2182, 2017.

GASTAL, F.; DAWSON, L.A.; THORNTON, B. Responses of plant traits of four grasses from contrasting habitats to defoliation and N supply. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88, p.245-258, 2010.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes. **Agriculture**, v.5, p.1146-1171, 2015.

GHAHRAMANI, A.; MOORE, A.D. Impact of climate changes on existing crop-livestock farming systems. **Agricultural Systems**, v.146, p.142-155, 2016.

GIFFORD, R.M.; MARSHALL, C. Photosynthesis and assimilate distribution in *Lolium multiflorum* Lam. following differential tiller defoliation. **Australian Journal of Biological Science**, v. 26, p. 517-526, 1973.

GISLUM, R. et al. Temporal variation in nitrogen concentration of above ground perennial ryegrass applied different nitrogen fertilizer rates. **Field Crops Research**, v. 91, p.83-90, 2005.

GRAMINHO, L.A. et al. Defoliation patterns and tillering dynamics in Italian ryegrass under different herbage allowances. **Acta Scientiarum**, v.36, p. 349-356, 2014.

GREGORINI, P. et al. Grazing management: setting the table, designing the menu and influencing the diner. **Animal Production Science**, v.57, p.1248-1268, 2017. <http://dx.doi.org/10.1071/AN16637>

GRIFFITH, S.M.; ALDERMAN, S.C.; STREETER, D.J. Italian ryegrass and nitrogen source fertilization in western Oregon in two contrasting climatic years. I. Growth and seed yield. **Journal of Plant Nutrition**, v.20, p.419-428, 1997.

GUO, G. et al. Silage fermentation characteristics of Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) harvested at various times on a sunny day. **Crop Science**, v.54, p.851-858, 2014.

GUZATTI, G.C. et al. Changes in the short-term intake rate of herbage by heifers grazing annual grasses throughout the growing season. **Grassland Science**, p.1-10, 2017. Doi: 10.1111/grs.12170

HARRISON, M.T. et al. Recovery dynamics of rainfed winter wheat after livestock grazing 2. Light interception, radiation-use efficiency and dry matter partitioning. **Crop & Pasture Science**, v.62, p.960-971, 2011.

HIDES, D.H.; KUTE, C.A.; MASSHALL, A.H. Seed development and seed yield potential of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) populations. **Grass and Forage Science**, v.48, p.181-188, 1993.

HOOGMOED, M. et al. Benchmarking wheat yield against crop nitrogen status. **Field Crops Research**, v.222, p.153-163, 2018.

HOSSAIN, B.; HASAN, M. Physiological parameters, yield and seed quality of wheat as influenced by irrigation and split application of nitrogen. **Fundamental and Applied Agriculture**, v.3, p.398-406, 2018.

HUETTIG, K.D. et al. Spring irrigation of tall fescue for seed production. **Field Crops Research**, v.144, p.297-304, 2013.

IRVING, J. Carbon assimilation, biomass partitioning and productivity in grasses. **Agriculture**, v.5, p.1116-1134, 2015.

KASPARY, T.E. Regulador de crescimento na produtividade e qualidade de sementes de aveia branca. **Planta Daninha**, v.33, p.739-750, 2015.

KIM, M.; SUNG, K. Comparison of causality of temperature and precipitation on Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) yield between cultivation fields via multi-group structural equation model analysis in the Republic of Korea. **Agriculture**, v.9, p.1-12, 2019. doi:10.3390/agriculture9120254

KIM Y. et al. Effect of different seeding rates on seed productivity of the “Kowinearly” cultivar of Italian Ryegrass (*lolium multiflorum* Lam.) in paddy field. **Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science**, v.36, p.340-343, 2016.

KONG, L. et al. Remobilization of vegetative nitrogen to developing grain in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Field Crops Research**, v.196, p.134-144, 2016.

KRENCHINSKI, F.H. et al. Yield and physiological quality of wheat seeds after desiccation with different herbicides. **Journal of Seed Science**, v.39, p.254-261, 2017.

KUNRATH, T.R. et al. Management targets for continuously mixed oat x annual ryegrass pasture in a no-till integrated crop-livestock system. **European Journal of Agronomy**, v.57, p.71-75, 2014.

KUNRATH, T.R. et al. Grazing management in an integrated crop-livestock system: soybean development and grain yield. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, p.645-653, 2015.

KUNRATH, T.R. et al. Sward height determines pasture production and animal performance in a long-term soybean-beef cattle integrated system. **Agricultural Systems**, v.177, 102716, 2020.

LANZANOVA, M.E. et al. Atributos físicos do solo em sistema de Integração Lavoura-Pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.31, p.1131-1140, 2007.

LEMAIRE, G. et al. Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.190, p.4-8, 2014.

LEVINSKI-HUF, F.; KLEIN, V.A. Organic matter and physical properties of a Red Latosol under an integrated crop-livestock-forestry system. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.48, p.316-322, 2018.

LOLLATO, R.P. et al. Wheat grain yield and grain-nitrogen relationships affected by N, P, and K fertilization: A synthesis of long-term experiments. **Field Crops Research**, v.236, p. 42-57, 2019.

LOPES, M.L.T. et al. Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho e qualidade da carcaça de novilhos superprecoces terminados em pastagem de aveia e azevém manejada sob diferentes alturas. **Rev. Ciência Rural**, v.38, p.178-184, 2008.

LU, D. et al. The effects of cultivar and nitrogen management on wheat yield and nitrogen use efficiency in the North China Plain. **Field Crops Research**, v.173, p.157-164, 2015.

MAIA, F.C. et al. *Lolium multiflorum* seeds in the soil: I. Soil seed bank dynamics in a no till system. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, p.100-110, 2008.

MAIA, F.C. et al. *Lolium multiflorum* seeds in the soil: II. Longevity under natural conditions. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, p.123-128, 2009.

MAIA, M.S.; CARDELINO, M.G.; MELLO, V.D.C. Épocas de colheita e métodos de trilha na produção de sementes de azevém-anual (*Lolium multiflorum* Lam.). In: **REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 18, Goiânia. Anais... Sociedade Brasileira de Zootecnia**, p.100, 1981.

MAIA, MANOEL SOUZA. Secagem de sementes de azevém anual (*Lolium multiflorum*) com ar ambiente forçado. 1995. 108f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1995.

MARCOS-FILHO, J. Seed vigour testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v.72, p. 363-374, 2015.

MARTIN, G. et al. Crop-livestock integration beyond the farm level: a review. **Agronomy for sustainable development**, v.36, p.1-21, 2016.

MARTINIELLO, P.; SILVA, J.A.T. Physiological and bio-agronomical aspects involved in growth and yield components of cultivated forage species in Mediterranean environments: A review. **European Journal of Plant Science and Biotechnology**, v.5, p.64-98, 2011.

MARTINS, A.P. et al. Soil moisture and soybean physiology affected by drought in an integrated crop-livestock system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, p.978-989, 2016.

MARTINS, C.D.M. et al. Defoliation intensity and leaf area index recovery in defoliated swards: implications for forage accumulation. **Scientia Agricola**, v.78, p.1-8, 2021.

MATTHEW, C.; HAMILTON, N.R.S. Analysing persistence of grass swards in terms of tiller birth and death. **Grassland Research and Practice Series**, v.15, p.63-68, 2011.

MELO, P.T.B.S.; BARROS, A.C.A.S. Estudo sobre o consumo de sementes de trevo branco (*Trifolium repens* L), cornichão (*Lotus corniculatus* L.) e cornichão “El Rincón” (*Lotus subbiflorus* Lag.) no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, p.291-294, 2003.

MEZZALIRA, J.C. et al. Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. **Applied Animal Behaviour Science**, v.153, p.1-9, 2014.

MITTELMANN, A. et al. Caracterização agronômica de populações locais de azevém na Região Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 40, p. 2527-2533, 2010.

MOORE, K.J.; MOSER, L.E. Quantifying developmental morphology of Perennial Grasses. **Crop Science**, v. 35, p. 37-43, 1995.

MOLLE, G. et al. Effects of restricted time allocation to pasture on feeding behaviour, intake and milk production of dairy sheep rotationally grazing Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) in spring. **Animal Production Science**, v.54, p.1233-1237, 2014.

MONTARDO, D.P.; MITTELMANN, A. Avaliação da cultivar de azevém BRS Ponteio na Região da Campanha do Rio Grande do Sul. **Comunicado Técnico 68**, Bagé-RS, Embrapa Pecuária Sul, 4p., 2009.

MONTEIRO, J.E.B.A. Soja. In.: Agrometeorologia dos cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola. Ed.: MONTEIRO, J.E.B.A, 1. Ed, Brasília, DF: INMET, 2009. 530 p.

MORAES, A. et al. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, v.57, p.4-9, 2014.

MORAINE, M. et al. Farming system design for innovative crop-livestock integration in Europe. **Animal**, v.8, p.1204-1217, 2014.

MOREIRA, W.H. et al. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distróférrico em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.389-400, 2012.

MOREIRA, W.H. et al. Influência da altura de pastejo de azevém a aveia em atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distróférrico, após sete anos sob integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1315-1326, 2014.

MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The design conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In.: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6. 1952, Pasadena. **Proceedings...** Pasadena, 1952. p. 1380-1385.

MOTTA, I.S. et al. Características agronômicas e componentes da produção de sementes de soja em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, p.153-162, 2000.

MÜLLER et al. Correlações de Pearson e canônica entre componentes da matéria seca da forragem e sementes de azevém. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, p.86-93, 2012.

MUTAVA, R.N. et al. Understanding abiotic stress tolerance mechanisms in soybean: A comparative evaluation of soybean response to drought and flooding stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.86, p.109-120, 2015.

NAYLOR, R.E.L. Germination of seed lots of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) after extended natural ageing in cool storage. **Seed Science & Technology**, v.31, p.177-185, 2003.

NEHE, A.S. et al. Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and protein concentration in Indian wheat cultivars. **Field Crops Research**, v. 251, p.1-6, 2020.

NESPRO; EMBRAPA. Informativo NESPro & Embrapa Pecuária Sul: Bovinocultura de corte no Rio Grande do Sul. Ano 4, Nº1, Porto Alegre, RS, 2018. Acesso em 04/08/2021.><https://www.embrapa.br/documents/1355035/1529130/Informativo+Nespro+2018/5f6b178c-5e0e-41ea-a9ed-dc15d2f1325e><

NIE, Z. et al. Benefits, challenges and opportunities of integrated crop-livestock systems and their potential application in the high rainfall zone of southern Australia: A review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.235, p.17-31, 2016.

NUNES, P.A.A. et al. Grazing intensity determine spatial heterogeneity and productivity in an integrated crop-livestock system. **Grassland Science**, v.00, p.1-11, 2018.

NUNES, P.A.A. et al. Livestock integration into soybean systems improves long-term system stability and profits without compromising crop yields. **Scientific Reports**, v.11, 1649, 2021. ><https://doi.org/10.1038/s41598-021-81270-z><

OLIVEIRA, C.A.O. et al. Comparison of an integrated crop-livestock system with soybean only: Economic and production responses in southern Brazil. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v.29, p.230-238, 2013.

OLIVEIRA, R.C. et al. Sowing depth of annual ryegrass seed on different substrates as vigor test. **Journal of Seed Science**, v.41, p. 196-204, 2019.

PAGNONCELLI JUNIOR, F.B. et al. Prediction of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) emergence using soil thermal time. **Acta Scientiarum**, v.43, e52152, 2021.

PEDROSO, C.E.S. **Desempenho e comportamento de ovinos em gestação e lactação nos diferentes estágios fenológicos de azevém anual sob pastejo**. 2002. 98f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

PEDROSO, C.E.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, p.1345-1350, 2004.

PELLEGRINI, L.G. et al. Produção de cordeiros em pastejo contínuo de azevém anual submetido à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v.40, p.1399-1404, 2010.

PEMBLETON, K.G. et al. Quantifying the interactions between defoliation interval, defoliation intensity and nitrogen fertilizer application on the nutritive value of rainfed and irrigated perennial ryegrass. **Crop & Pasture Science**, v. 68, p. 1100-1111, 2017.

PEREIRA, A.V. et al. Comportamento agrônômico de populações de azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) para cultivo invernal na região sudeste. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.567-572, 2008.

PETERSON, C.A. et al. Winter grazing does not affect soybean yield despite lower soil water content in a subtropical crop-livestock system. **Agronomy for Sustainable Development**, v.39, p.1-10, 2019.

PEYRAUD, J.L.; TABOADA, M.; DELABY, L. Integrated crop and livestock systems in Western Europe and South America: A review. **European Journal of Agronomy**, v.57, p.31-42, 2014.

PILECCO, G.E. Ryegrass early sowing into soybean to mitigate nitrous oxide emission in a subtropical integrated crop-livestock system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.272, p.276-284, 2019.

POFF, J.A. et al. Sward and tiller growth dynamics of *Lolium perenne* L. as affected by defoliation frequency during autumn. **Crop & Pasture Science**, v.62, p.346-354, 2011.

PONTES, L.S. et al. Variáveis morfogênicas e estruturais de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.814-820, 2003.

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

PONTES, L.S. et al. Relationship between sward height and herbage mass for integrated crop-livestock systems with trees. **Grassland Science**, v.63, p.29-35, 2017.

PROVENZA, F.D.; GREGORINI, P.; CARVALHO, P.C.F. Synthesis: foraging decisions link plants, herbivores and human beings. **Animal Production Science**, v.55, p.411-425, 2015. <http://dx.doi.org/10.1071/AN14679>

QIN, R.; WANG, X. Effects of crown height on the compensatory growth of Italian ryegrass based on combined effects of stored organic matter and cytokinin. **Grassland Science**, v.66, p. 29-39, 2020.

QUATRIN, M.P. et al. Efeito da adubação nitrogenada na produção de forragem, teor de proteína bruta e taxa de lotação em pastagens de azevém. B. **Indústria Animal**, v.72, p.21-26, 2015.

R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em 05 de agosto de 2019.

RAVIER, C. et al. Early nitrogen deficiencies favor high yield, grain protein and N use efficiency in wheat. **European Journal of Agronomy**, v.89, p.16-24, 2017.

RAWNSLEY, R.P. et al. Quantifying the interactions between grazing interval, grazing intensity, and nitrogen on the yield and growth rate of dryland and irrigated perennial ryegrass. **Crop & Pasture Science**, v.65, p. 735-746, 2014.

RIAL-LOVERA, K. et al. Influence of tillage systems and nitrogen management on grain yield, grain protein and nitrogen-use efficiency in UK spring wheat. **Journal of Agricultural Science**, v.154, p.1437-1452, 2016.

RODRIGUEZ, A.M. et al. Germination behaviour of Italian Ryegrass in flooding pampa rangelands. **Seed Science Research**, v.8, p. 521-528, 1998.

RODOLFO, G.R. et al. Physiological quality of dual-purpose wheat seeds from plants subjected to artificial defoliation. **Ciência Rural**, v.47, p., 2017.

ROEKEL, R.J.V.; PURCELL, L.C.; SALMERÓN, M. Physiological and management factors contributing to soybean potential yield. **Field Crop Research**, v.182, p.86-97, 2015.

ROLSTON, M.P. et al. Removing early spring emerged reproductive growing points enhances seed yield of Italian ryegrass. **Agronomy New Zealand**, v.40, p.133-139, 2010.

ROLSTON, M.P. et al. Stem shortening plant growth regulators enhance seed yield of annual ryegrass. **Agronomy New Zealand**, v.46, p.1-10, 2016.

ROSSI, C. Manual de producción de semilla de raigrás anual. **Boletín de Divulgación nº112**, Fev. 2017. Unidad de Semillas – INIA, 2017.

ROWARTH, J.S. Nutrients and moisture inputs for grass seed yield. **Journal of Applied Seed Production**, v.15, p.103-110, 1997.

RYSCHAWY, J. et al. Mixed crop-livestock systems: an economic and environmental-friendly way of farming? **Animal**, p. 1722-1730, 2012.

SÁ, J.C.M. et al. Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. **Environment International**, v.98, p.102-112, 2017.

SADRAS, V.O.; LEMAIRE, G. Quantifying crop nitrogen status for comparisons of agronomic practices and genotypes. **Field Crop Research**, v.164, p.54-64, 2014.

SADRAS, V.O.; SLAFER, G.A. Environmental modulation of yield components in cereals: heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticities. **Field Crops Research**, v.127, p. 215-224, 2012.

SALTON, J.C. et al. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.190, p.70-79, 2014.

SANDERSON, M. et al. Diversification and ecosystem services for conservation agriculture: Outcomes from pastures and integrated crop-livestock systems. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v.28, p.129-144, 2013.

SANTOS, G.T. et al. A grazing height target to minimize tiller stem elongation rate in annual ryegrass swards. **Ciência Rural**, v.46, p.169-175, 2015.

SAVIAN, J.V. et al. Grazing intensity and stocking methods on animal production and methane emission by grazing sheep: Implications for integrated crop-livestock system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.190, p.112-119, 2014.

SBRISSIA, A.F. et al. Defoliation strategies in pasture submitted to intermittent stocking method: Underlying mechanisms buffering forage accumulation over a range of grazing heights. **Crop Science**, v.58, p.945-954, 2018.

SCHMIDT, D. et al. Morfoanatomia foliar de azevém no sub-bosque de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais. **Revista Ceres**, v.64, p.368-375, 2017.

SCHUCH, L.O.B. et al. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. **Scientia Agricola**, v.57, p.305-312, 2000.

SCHUSTER, M.Z. et al. Grazing intensities affect weed seedling emergence and the seed bank in an integrated crop-livestock system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.232, p.232-239, 2016.

SGANZERLA, D.C. et al. Características produtivas da consorciação de trevo-persa e azevém submetidos a pastejo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, p.173-180, 2015.

SILVA, G.M.; PILON, M. Aspectos técnicos e econômicos da produção de sementes de cornichão (*Lotus corniculatus* L.) e trevo-vermelho (*Trifolium pratense* L.). **Comunicado Técnico 90**, Bagé-RS, Embrapa Pecuária Sul, 18p., 2015.

SILVA, JANAINA IARA. **Métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.)**. 2012. 54f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia em Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2012.

SILVA, R.S. O problema das variáveis omitidas e variáveis reversas em pesquisas. **Revista Nucleus**, v.3, p.119-131, 2005.

SIMIC´, A.S. et al. Impact of management practices on Italian Ryegrass seed quality. **Journal of Agricultural Sciences**, v.55, p.131-140, 2010.

SIMIC´, A.S. et al. Response of Italian ryegrass seed crop to spring nitrogen application in the first harvest year. **African Journal of Biotechnology**, v.11, p. 6826-6831, 2012.

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

SOARES, A.B. et al. Herbage production, botanical and plant-part composition of mixed black oat (*Avena strigosa* Schreb) annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) pastures under different management strategies. **Australian Journal of Crop Science**, v.13, p. 1826-1832, 2019.

SOUZA FILHO, W. et al. Mitigation of enteric methane emission through pasture management in integrated crop-livestock systems: Trade-offs between animal performance and environmental impacts. **Journal of Cleaner Production**, v.213, p.968-975, 2019.

STAVI, I.; BEL, G.; ZAADY, E. Soil functions and ecosystem services in conventional, conservation, and integrated agricultural systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.36, p.2-12, 2016.

STANISAVLJEVIC', R. et al. Seed germination and seedling vigour of Italian Ryegrass, Cocksfoot and Timothy following harvest and storage. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1141-1148, 2011.

STIVANIN, S.C.B. et al. Tiller dynamics of ryegrass managed under two stocking rates. **Acta Scientiarum**, v.36, p.279-283, 2014.

STRECK, E.V. et al. Solos do Rio Grande do Sul. 2ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222p.

SULC, R.M.; FRANZLUEBBERS, A.J. Exploring integrated crop-livestock systems in different ecoregions of the United States. **European Journal of Agronomy**, v.57, p.21-30, 2014

SUN, X. et al. Fertilizer nitrogen and factors affecting pasture responses. **The Open Agriculture Journal**, v.2, p.35-42, 2008.

TERNUS, R.M. et al. Qualidade de sementes de *Lolium multiflorum* tetraploide comercializadas em Santa Catarina. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, p. 7-11, 2017.

TERREL, E.E. Taxonomic implications of genetics in ryegrasses. **Botanical Review**, v.66, p.138-164, 1966.

THAMO, T. et al. Climate change impacts and farm-level adaptation: Economic analysis of a mixed cropping-livestock system. **Agricultural Systems**, v.150, p.99-108, 2017.

TIAN, L.H. et al. Dual-purpose use of winter wheat in western China: cutting time and nitrogen application effects on phenology, forage production, and grain yield. **Crop and Pasture Science**, v.63, p.520-528, 2012.

TIMM, L.C. et al. Ryegrass (*Lolium multiflorum*) BRS Ponteio and wheat (*Triticum aestivum*) BRS Tarumã pasture with different doses of ammonium sulfates as topdressing. **Acta Scientiarum**, v.41, e44026, 2019.

TRETHEWEY, J.A.K.; ROLSTON, M.P. Carbohydrate dynamics during reproductive growth and seed yield limits in perennial ryegrass. **Field Crops Research**, v.112, p.182-188, 2009.

TRETHEWEY, J.A.K. et al. The plant growth regulator, trinexapac-ethyl. Increases seed yield in annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). **New Zealand Journal Of Agricultural Research**, v.59, p.113-121, 2016.
><http://dx.doi.org/10.1080/00288233.2015.1134590><

VARELLA, A.C. et al. Produção total de matéria seca e de nitrogênio em pastagem de azevém anual em resposta à aplicação de fertilizante nitrogenado de solo em diferentes locais do sul do Brasil. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 36**, Bagé-RS, Embrapa Pecuária Sul, 22 p., 2011.

VENUTO, B.C. et al. Seed variation among annual ryegrass cultivars in south-eastern USA and the relationship with seedling vigour and forage production. **Grass and Forage Science**, v.57, p.305-311, 2002.

VERGARA, R.O. et al. Use of the densimetric table in the benefit of ryegrass seeds. **Colloquium Agrariae**, v.15, p.82-89, 2019.

VLEUGELS, T.; RIJCKAERT, G.; GISLUM, R. Seed yield response to N fertilization and potential of proximal sensing in Italian ryegrass seed crops. **Field Crops Research**, v. 211, p.37-47, 2017.

WADA, S. et al. Autophagy supports biomass production and nitrogen use efficiency at vegetative stage in rice. **Plant Physiology**, v.168, p.60-73, 2015.

WANG, Y.R. et al. Optimum harvest time of *Vicia cracca* L. in relation to high seed quality during pod development. *Crop Science*, v.48, p.709-715, 2008.

WANG, J. et al. Evidence for heterosis in Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) based on interbreeding depression in F₂ generation offspring from biparental crosses. ***Agronomy***, v.6, 49, 2016.

WANG, X.; TANG, Q.; MO, W. Seed filling determines vigour of superior and inferior spikelets during hybrid rice (*Oryza sativa*) seed production. ***Seed Science and Technology***, v.48, p.142-152, 2020.

WARNKE, S. et al. Genetic linkage mapping of an annual x perennial ryegrass population. ***Theoretical and Applied Genetics***, v. 109, p. 294-304, 2004.

WESP, C.L. et al. Steers production in integrated crop-livestock systems: pasture management under different swards heights. ***Revista Ciência Agronômica***, v. 47, p. 187-194, 2016.

WHITE, E.; FINNAN, J. Crop structure in winter oats and the effect of nitrogen on quality-related characters. ***Journal of Crop Improvement***, v.31, p.758-779, 2017.

WREGGE, M.S. et al. Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 333 p.

YOUNG, J.A. et al. Germination of Italian Ryegrass seeds. ***Agronomy Journal***, v.67, p.386-389, 1975.

YOUNG, W.C.III; CHILCOTE, D.O.; YOUNGBERG, H.Y. Annual ryegrass seed yield response to grazing during early stem elongation. ***Agronomy Journal***, v.88, p.211-215, 1996.

ZANINE, A.M. et al. Tillering dynamics in Guinea grass pastures subjected to management strategies under rotational grazing. ***Revista Brasileira de Zootecnia***, v.42, p.155-161, 2013.

ZANINI, G.D.; SANTOS-TREVISAN, G.S.; SBRISSIA, A.F. Frequencies and intensities of defoliation in Aruana guineagrass swards: Morphogenetic and structural characteristics. ***Revista Brasileira de Zootecnia***, v.41, p.1848-1857, 2012.

ZIADI, N. et al. Chlorophyll measurements and nitrogen nutrition index for the evaluation of corn nitrogen status. **Agronomy Journal**, v. 100, p.1264-1273, 2008.

ZÖRB, C. et al. Perspective on wheat yield and quality with reduced nitrogen supply. **Trends in Plant Science**, v.23, p.1029-1037, 2018.

ZÚÑIGA, F. et al. Temporal dynamics of the physycal quality of an Andisol under a grazing system subjected to different pasture improvement strategies. **Soil and Tillage Research**, v.145, p.233-241, 2014.

Apêndice

Apêndice A. Coeficientes e p-valores dos modelos estatísticos testados.

Fator e covariável	MODELO 1		MODELO 2	
	Coeficientes	P-valor	Coeficientes	P-valor
Intercepto	676,8131	-	676,8131	-
BLOCO				
BLOCO	5,613646	-	5,613646	-
BLOCO:PASTEJO : PASTEJOB	50,05927	0,378	50,05927	0,378
BLOCO:PASTEJO:DIFERIMENTO :				
DIFERIMENTOB	-22,58271	0,708	-22,58271	0,708
PASTEJOB:DIFERIMENTOB	57,22438	0,177	57,22438	0,177
BLOCO:PASTEJO:DIFERIMENTO:NITROGENIO :				
NITROGENIOB	44,09667	1,33e-07 ***	44,09667	1,33e-07 ***
NITROGENIOC	203,74167	1,33e-07 ***	203,74167	1,33e-07 ***
NITROGENIOD	186,40750	1,33e-07 ***	186,40750	1,33e-07 ***
PASTEJOB:NITROGENIOB	114,70750	0,0310 *	114,70750	0,0310 *
PASTEJOB:NITROGENIOC	-40,76917	0,0310 *	-40,76917	0,0310 *
PASTEJOB:NITROGENIOD	190,16667	0,0310 *	190,16667	0,0310 *
DIFERIMENTOB:NITROGENIOB	12,45583	0,2720	12,45583	0,2720
DIFERIMENTOB:NITROGENIOC	21,93167	0,2720	21,93167	0,2720
DIFERIMENTOB:NITROGENIOD	60,12833	0,2720	60,12833	0,2720
PASTEJOB:DIFERIMENTOB:NITROGENIOB	-21,83583	0,0615 ,	-21,83583	0,0615 ,
PASTEJOB:DIFERIMENTOB:NITROGENIOC	64,84917	0,0615 ,	64,84917	0,0615 ,
PASTEJOB:DIFERIMENTOB:NITROGENIOD	-185,83250	0,0615 ,	-185,83250	0,0615 ,
ANO				
ANO	7,765521	0,779	-	-

Apêndice B. Valores médios dos componentes de rendimento de sementes de azevém em função da intensidade de pastejo (moderada e alta), época de diferimento (morte do perfilho principal = MPP e Florescimento – Floresc.) e doses de nitrogênio (0, 25, 50 e 75 Kg.ha⁻¹ de N).

Intensidade Pastejo	Época Diferimento	Nitrogênio (kg/ha)	PF (n°/m ²)	CP (cm)	CE (cm)	EE (n°)	SE (n°)	RS (kg/ha)	PMS (g)
Moderada	MPP	0	2.050,0	77,76	26,87	19,83	4,66	554,51	1,81
		25	2.122,5	78,82	27,27	16,86	5,53	598,61	1,83
		50	2.607,5	81,40	28,36	18,38	5,14	758,26	1,84
		75	2.370,0	82,96	28,82	17,74	5,78	740,92	1,87
	Floresc.	0	2.282,5	69,71	25,92	16,59	5,30	508,30	1,77
		25	3.385,0	67,38	25,18	15,72	5,36	564,85	1,68
		50	2.745,0	70,57	26,81	15,68	5,67	733,98	1,63
		75	2.972,5	67,58	24,13	16,03	5,18	754,84	1,63
Alta	MPP	0	3.000,0	73,06	24,88	16,34	4,96	509,93	1,75
		25	3.382,5	75,61	24,37	14,74	4,56	668,74	1,74
		50	3.107,5	76,77	25,00	15,93	5,03	672,91	1,85
		75	2.622,5	78,50	26,81	16,20	5,42	886,51	1,78
	Floresc.	0	3.265,0	64,96	22,52	14,84	5,35	556,65	1,75
		25	3.087,5	68,78	23,98	16,77	5,62	706,08	1,79
		50	3.747,5	69,52	24,15	16,56	5,63	806,41	1,70
		75	3.670,0	70,98	24,42	16,58	5,48	807,52	1,58
Médias			2.901,1	73,40	25,60	16,55	5,29	676,81	1,75

PF = Perfilhos férteis; CP = Comprimento perfilho; CE = Comprimento espiga; EE = número de espiguetas/espiga; SE = Número de sementes/espiguetas; RS = Produtividade de sementes; PMS = Peso de mil sementes.