

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

LUIZA DE SOUZA CARNEIRO

IMPACTO DA ARBORIZAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUÇÃO
ANIMAL, AVEIA GRÃO E LUCRATIVIDADE DE DISTINTOS SISTEMAS
INTEGRADOS

PONTA GROSSA

2023

LUIZA DE SOUZA CARNEIRO

IMPACTO DA ARBORIZAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUÇÃO
ANIMAL, AVEIA GRÃO E LUCRATIVIDADE DE DISTINTOS SISTEMAS
INTEGRADOS

Dissertação apresentada para obtenção do
título de mestre na Universidade Estadual
de Ponta Grossa, Zootecnia (Produção
Animal).

Orientadora: Prof. Dr^a. Laíse da Silveira
Pontes

Co-Orientador: Dr. Vanderley Porfírio-
da-Silva

PONTA GROSSA

2023

C289 Carneiro, Luiza de Souza
Impacto da arborização e adubação nitrogenada na produção de grãos,
forragem, animal e lucro de distintos sistemas integrados / Luiza de Souza
Carneiro. Ponta Grossa, 2023.

86 f.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia - Área de Concentração: Produção
Animal), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Laíse da Silveira Pontes.

Coorientador: Prof. Dr. Vanderley Porfírio-da-Silva.

1. Adubação nitrogenada. 2. Eucalipto. 3. Agricultura sustentável. 4.
Bovinos de corte. 5. Pastagem de inverno. I. Pontes, Laíse da Silveira. II. Porfírio-
da-Silva, Vanderley. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Produção
Animal. IV.T.

CDD: 636



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

TERMO

TERMO DE APROVAÇÃO

LUIZA DE SOUZA CARNEIRO

“Impacto da arborização e adubação nitrogenada na produção de grãos, forragem, animal e lucro de distintos sistemas integrados”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Zootecnia – Mestrado em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias e Tecnologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Grossa, 04 de julho de 2023.

Ponta

Documento assinado digitalmente
 LAISE DA SILVEIRA PONTES
Data: 05/07/2023 10:04:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Laíse da Silveira Pontes
– (UEPG)Presidente

Documento assinado digitalmente
 RAQUEL SANTIAGO BARRO
Data: 05/07/2023 14:02:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Raquel Barro –
(UFV) -Membro Externo


Profa. Dra. Sandra Galbeiro

- (UEL)Membro Externo

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente à Deus, por ter me presenteado com tamanha oportunidade, pelo o dom da sabedoria e persistência;

Agradeço minha mãe, por ter me ajudado a superar os momentos difíceis dessa trajetória;

Ao restante da minha família, meus sinceros agradecimentos por todo o amor que oferecem a mim;

Tenho que agradecer a pessoa mais importante da minha vida, minha avó materna, Sueli Maria Martins de Araújo (*in memoriam*), que sempre foi meu maior apoio até o último momento. Estará sempre viva em meu coração;

A Prof^ª. Dr^ª. Laíse da Silveira Pontes pela orientação, conselhos e conhecimentos compartilhados;

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Vanderley Porfírio-da-Silva pelo apoio, ensinamentos, atenção e ajuda a campo;

As estagiárias do IAPAR (Achila Camila e Larissa Ducheiko), assim como a Debóra Rodrigues e a Luiza Chiezi, por todo o auxílio a campo, conselhos e parceria, que tornaram todo o processo mais leve;

A equipe de funcionários do IAPAR, que não mediram esforços para me auxiliar e me receberam de braços abertos na instituição, em especial ao Giliardi Stafin, por toda a ajuda destinada a técnicas à campo e também por todos os ensinamentos concedidos;

A minha companheira de apartamento, Bruna Nunes, que me recebeu muito bem em Ponta Grossa, me auxiliou em todas as etapas do mestrado e esteve comigo nos momentos difíceis;

A Universidade Estadual de Ponta Grossa que permitiu a realização dessa importante etapa da minha vida;

À CAPES pelo auxílio financeiro através da bolsa de mestrado;

A todos, que de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização desse trabalho.

O único lugar onde o trabalho vem antes do sucesso, é no dicionário.

(Albert Einstein)

RESUMO

CARNEIRO, L. S. **Impacto da arborização e doses de nitrogênio na produção animal, aveia grão e lucratividade de distintos sistemas integrados**. Orientador: Laíse da Silveira Pontes. Ponta Grossa, 2023. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2023.

No sul do Brasil, no inverno, há poucas opções economicamente viáveis para cultivos agrícolas, consequentemente muitas áreas de lavoura de verão não geram renda nesse período. Em contrapartida, espécies forrageiras como a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), aveia branca (*Avena sativa* L.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) apresentam bom rendimento no inverno, logo, os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) podem auxiliar no uso contínuo de áreas agrícolas, tornando-as produtivas durante todo o ano e melhorando a qualidade do solo ao longo do tempo. A maioria das espécies forrageiras e graníferas apresentam bom rendimento frente a adubação nitrogenada, porém, tal insumo pode representar grande parte dos custos da atividade. Uma das vantagens dos SIPA é reduzir a dependência por insumos externos, podendo, no caso da adubação de forrageiras hibernais, diminuir o custo com nitrogênio na cultura sucessora. Apesar da inclusão do componente arbóreo em SIPA trazer benefícios ao sistema, é importante atentar-se às características arbóreas a fim de evitar que estas sofram danos pelos animais e tenham seu valor reduzido. O objetivo do presente estudo foi analisar a produtividade de aveia-grão, o desempenho animal e a lucratividade de tais atividades em distintos SIPA, isto é, com ou sem árvores de *Eucalyptus grandis*, sob diferentes doses de N, durante três invernos consecutivos (2020, 2021 e 2022), logo após o plantio das árvores. O presente estudo foi conduzido na Estação de Pesquisa Fazenda Modelo do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-Emater (IDR - Paraná). A área foi dividida em 12 unidades experimentais, sendo 6 arborizadas. O delineamento experimental era de blocos casualizados com três repetições e quatro tratamentos arrançados num esquema fatorial 2 x 2, presença de árvores (ILPF) e ausência de árvores (ILP) e duas doses de adubação nitrogenada em cobertura: 20 vs. 60 kg de N/ha para a aveia granífera IPR Artemis, cultivada em 2020 e 2021, e 50 x 150 kg de N/ha para a pastagem de aveia-preta (IPR 61) + azevém (BRS Ponteio) implantada em 2022. O pastejo por novilhas da raça Purunã, com idade média inicial de 15 meses, foi o contínuo com carga variável visando manter a altura do pasto em torno de 20 cm. As variáveis de desempenho animal apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) em relação aos sistemas, sendo que no tratamento ILP foi observado maior ganho médio diário ($0,798 \pm 0,0629$ kg/animal/dia), maior ganho por área ($602 \pm 120,0$ kg PV/ha em 139 dias) e maior carga ($1142 \pm 148,3$ kg PV/ha) do que no sistema de ILPF ($0,641 \pm 0,0274$ kg/animal/dia; $378 \pm 39,73$ kg PV/ha; $868 \pm 85,8$) respectivamente em 139 dias). Não foram observadas diferenças significativas para estas variáveis quanto as doses de nitrogênio. Todas as árvores sofreram pelo menos um tipo de dano pelo animal, com 89,3% das árvores acumulando lesões do tipo C1 (lesão de casca sem alcançar o lenho), D1 (lesão maior que 5 cm de diâmetro) e T1 (lesão do tronco alcançando o lenho pela retirada do tecido cambial), resultando na nota de 6,5 e se classificando na classe de intensidade de dano Alta. O diâmetro das árvores avaliadas apresentou relação linear significativa com a incidência de danos. A produção de aveia variou entre $1712 \pm 382,1$ kg/ha no ano em 2020 e $3617 \pm 706,3$ kg/ha em 2021. Em relação a avaliação econômica, em geral, os tratamentos tiveram perdas com a produção de grãos de aveia devido ao baixo rendimento e baixos preços de mercado de inverno. Para a produção animal, o sistema mais rentável foi o ILP com 50 kg N/ha (R\$ 3.644/ha). Um aumento no nível de N reduziu o lucro (- 53% no ILP e -156% no ILPF) tanto para a produção de grãos de aveia como para o

gado, independentemente do tipo de SIPA. Não vale a pena elevar a dose de N em 150 kg/ha, já que essa não efetivou as produções de aveia e gado no presente estudo, influenciando negativamente o lucro das unidades experimentais que receberam tal tratamento. A integração do gado desde o primeiro inverno, pós plantio das árvores, pela utilização de barreiras físicas, como vedações em torno de árvores imaturas, pode ser uma alternativa mais rentável do que a produção de grãos de aveia.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada; Eucalipto; Agricultura sustentável; Bovinos de corte; Pastagem de inverno; Rentabilidade.

ABSTRACT

CARNEIRO, L. S. **Impact of afforestation and nitrogen doses on animal production, oat grain and profitability of different integrated systems.** Advisor: Laíse da Silveira Pontes. Ponta Grossa, 2023. Dissertation (Master's in Animal Science) – Postgraduate Program in Animal Science, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2023.

In southern Brazil, in winter, there are few viable economic options for agricultural crops, consequently many areas of summer crops did not generate income during this period. Similarly, forage species such as black oats (*Avena strigosa* Schreb.), white oats (*Avena sativa* L.) and ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) have good yields in winter, so integrated agricultural production systems (SIPA) can assist in the continuous use of agricultural areas, making them productive throughout the year and improving soil quality over time. Most of the forage and grain species present good performance against nitrogen fertilization, however, this input can represent a large part of the costs of the activity. One of the advantages of SIPA is to reduce dependence on external inputs, which may, in the case of winter forage fertilization, reduce the cost of leaving it in the successor crop. Although the inclusion of the tree component in SIPA brings benefits to the system, it is important to pay attention to the tree characteristics in order to prevent them from suffering damage to the animals and having their value reduced. The objective of the present study was to analyze grain ewe productivity, animal performance and the profitability of such activities in different LPIS, that is, with or without *Eucalyptus grandis* trees, under different N doses, during three consecutive winters (2020, 2021 and 2022), right after planting the trees. The present study was carried out at the Fazenda Modelo Research Station of the Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-Emater (IDR - Paraná). The area was divided into 12 experimental units, 6 of which were wooded. The experimental design was randomized blocks with three replications and four treatments arranged in a 2 x 2 factorial scheme, presence of trees (ILPF) and absence of trees (ILP) and two doses of nitrogen fertilization in coverage: 20 vs. 60 kg of N/ha for the grain oat IPR Artemis, cultivated in 2020 and 2021, and 50 x 150 kg of N/ha for the black oat (IPR 61) + ryegrass (BRS Ponteio) pasture implemented in 2022. grazing by Purunã heifers, with an average initial age of 15 months, was continuous with variable load in order to maintain pasture height around 20 cm. The animal performance variables showed significant differences ($P < 0.05$) in relation to the systems, and in the ILP treatment a higher average daily gain (0.798 ± 0.0629 kg/animal/day), greater gain per area (602 ± 120.0 kg LW/ha in 139 days) and higher load (1142 ± 148.3 kg LW/ha) than in the ILPF system (0.641 ± 0.0274 kg/animal/day; 378 ± 39.73 kg PV/ha; 868 ± 85.8) respectively in 139 days). No significant differences were observed for these variables regarding nitrogen doses. All trees suffered at least one type of damage from the animal, with 89.3% of the trees accumulating lesions of type C1 (bark lesion without reaching the wood), D1 (lesion greater than 5 cm in diameter) and T1 (lesion lesion). trunk reaching the wood by removing the cambial tissue), resulting in a score of 6.5 and classifying it in the High damage intensity class. The diameter of the evaluated trees showed a significant linear relationship with the incidence of damage. The production of oats varied between 1712 ± 382.1 kg/ha in the year in 2020 and 3617 ± 706.3 kg/ha in 2021. Regarding the economic evaluation, in general, the treatments had losses with the production of oat grains due to low yield and low winter market prices. For animal production, the most profitable system was the ILP with 50 kg N/ha (R\$ 3,644/ha). An increase in N level reduced profit (-53% in CLI and -156% in CLIF) for both oat grain and livestock production, regardless of LPIS type. It is not worth raising the N dose by 150 kg/ha, as this did not effect the production of oats and cattle in the present study, negatively influencing

the profit of the experimental units that received such treatment. The integration of cattle from the first winter, after tree planting, through the use of physical barriers, such as fences around immature trees, can be a more profitable alternative than the production of oat grains.

Keywords: Nitrogen fertilization; Eucalyptus; Sustainable Agriculture; Beef cattle; Winter pasture; Profitability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Foto aérea da área experimental com sistema integrado de produção agropecuária, onde a parte destacada refere-se a área experimental utilizada.	37
Figura 2- Croqui da área experimental: N-, 50 kg de N/ha; N+, 150 kg de N/ha; as cores representam os diferentes blocos e os números as unidades experimentais.....	38
Figura 3- Variações da altura da pastagem dos quatro tratamentos ao longo de todo o experimento. ..	44
Figura 4- Frequência relativa das classes de DAP (diâmetro na altura do peito) existentes em cada área experimental (classe 1: 9,55 – 12,1 cm; classe 2: 12,1 – 14,6 cm; classe 3: 14,7 – 17,2 cm; classe 4: 17,3 – 19,7 cm; classe 5: 19,8 – 22,3 cm).	48
Figura 5- Incidência de intensidade de danos em <i>Eucalyptus grandis</i> clone GPC 23 em área de pastejo com novilhas de corte Purunã em relação as classes de DAP (diâmetro na altura do peito) (classe 1: 9,55 – 12,1 cm; classe 2: 12,1 – 14,6 cm; classe 3: 14,7 – 17,2 cm; classe 4: 17,3 – 19,7 cm; classe 5: 19,8 – 22,3 cm).	49
Figura 6- Árvore de <i>Eucalyptus grandis</i> Clone GPC 23 apresentando danos dos tipos CI (lesão de casca, sem alcançar o tecido cambial) e DI (lesão maior do que 5 cm) que juntos soma nota de 2,5, classificando a árvore na classe de intensidade de dano Baixa ($d1 = \text{baixa}$, quando $0 < d1 \leq 3$).	62
Figura 7- Árvore de <i>Eucalyptus grandis</i> Clone GPC 23 apresentando danos do tipo TL (lesão do tronco alcançando o lenho pela retirada do tecido cambial), DI (lesão maior que 5 cm) E CI (lesão da casca sem alcançar o câmbio), somando a nota de nota 6,5 e classificando a árvore na classe de intensidade de dano Alta ($d3 = \text{alta}$, quando $6 < d3 < 10$).	62
Figura 8- Árvore de <i>Eucalyptus grandis</i> Clone GPC 23 com os danos CI (lesão de casca sem alcançar o câmbio) e DI (lesão maior que 5 cm), que juntos somam a nota de 2,5, classificando a árvore na classe de intensidade de dano Baixa ($d1 = \text{baixa}$, quando $0 < d1 \leq 3$).	63
Figura 9- Modelo de regressão segmentada entre o nível de produtividade (kg/ha) para aveia cv. Artemis e lucro (R\$ ha).	76
Figura 10- Custos por área (R\$/ha) observados em relação aos tratamentos e anos experimentais, onde ILP refere-se ao sistema integração lavoura-pecuária e ILPF ao sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dados de precipitação pluviométrica e temperatura média durante o período experimental e média histórica (23 anos) da cidade de Ponta Grossa, Paraná.	37
Tabela 2- Proporção de sombreamento nas 5 distâncias avaliadas entre os renques arbóreos.	43
Tabela 3- Resultado das análises de variâncias para as variáveis da pastagem e desempenho animal. Efeito de sistemas ILP (integração lavoura-pecuária) x ILPF (integração lavoura-pecuária-floresta), doses de nitrogênio (50 x 150 kg N/ha), períodos avaliados (1, 2, 3, 4 e 5) e as respectivas interações entre tais fatores.	43
Tabela 4- Médias (\pm desvio padrão) das alturas da pastagem de Avena strigosa Schreb. cv. IPR 61 consorciada com Lolium multiflorum Lam. BRS-Ponteio, em relação a interação período x sistema.	45
Tabela 5- Médias (\pm desvio padrão) da massa de forragem da pastagem de Avena strigosa Schreb. cv. IPR 61 consorciada com Lolium multiflorum Lam. BRS-Ponteio, em relação a interação período x dose N (N50 = 50 kg N/ha; N150 = 150 kg N/ha).	45
Tabela 6- Médias (\pm desvio padrão) das variáveis que sofreram efeito dos sistemas durante o experimento.	46
Tabela 7- Médias (\pm desvio padrão) das variáveis que sofreram efeito dos períodos experimentais durante o experimento.	47
Tabela 8- Médias (\pm desvio padrão) do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total (Ht) das árvores de Eucalyptus grandis clone GPC 23 obtidas nos inventários florestais em set/2021, out/2022 e mai/2023.	48
Tabela 9- Médias (\pm desvio padrão) das medidas de diâmetro e altura das árvores, das diferentes classes de diâmetro, no ano de 2022 e 2023.	50
Tabela 10- Dados de precipitação pluviométrica e temperatura média durante o período experimental dos anos de 2020, 2021 e 2022, da cidade de Ponta Grossa, Paraná.	67
Tabela 11- Resultado das análises de variância para os componentes de rendimento e produtividade da aveia granífera e do componente animal. Sistema (Integração lavoura-pecuária x Integração lavoura-pecuária-floresta), doses de N (60 kg/N ha x 20 kg/N nas variáveis de aveia e 50 kg/N ha x 150 kg/N ha no componente animal), e ano (2020 x 2021).	73
Tabela 12- Médias (\pm desvio padrão) das variáveis avaliadas que apresentaram diferença significativa em relação a dois SIPA, isto é, integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta.	74
Tabela 13- Médias (\pm desvio padrão) das variáveis que apresentaram diferença significativa em relação aos anos.	74
Tabela 14- Resultado das análises de variâncias para as variáveis econômicas do inverno de 2020, 2021 e 2022.	75
Tabela 15- Médias (\pm desvio padrão) para cada sistema, das variáveis econômicas obtidas em 2020.	75
Tabela 16- Receita, custo e lucro (R\$/ha) para a fase de inverno dos sistemas lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta, para os anos de 2020 a 2022.	76
Tabela 18- Médias (\pm desvio padrão) para cada sistema, das variáveis econômicas obtidas em 2021.	77

SUMÁRIO

1 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO.....	13
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 PRODUÇÃO DE AVEIA GRÃO NO SUBTRÓPICO BRASILEIRO: IMPACTO DE DOSES DE N E DA ARBORIZAÇÃO	15
1.3 PRODUÇÃO ANIMAL EM SIPA	18
1.4 DANOS COMETIDOS ÀS ÁRVORES PELOS BOVINOS	22
1.5 OBJETIVO GERAL	25
1.5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
1.6 HIPÓTESES	25
REFERÊNCIAS.....	27
2 DESEMPENHO ANIMAL E IMPACTO DOS ANIMAIS NAS ÁRVORES EM DISTINTOS SISTEMAS INTEGRADOS	34
2.1 INTRODUÇÃO	34
2.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
2.2.1 Descrição do local	36
2.2.2 Coleta de Dados	39
2.2.2.1 Ganho de peso médio diário, ganho de peso vivo por hectare, carga animal.....	39
2.2.2.2 Radiação fotossinteticamente ativa (RFA).....	40
2.2.2.3 Componentes produtivos da pastagem	40
2.2.2.4 Avaliações no componente arbóreo	41
2.2.2.6 Avaliação do impacto dos animais nas árvores	41
2.2.3 Análise Estatística.....	42
2.3 RESULTADOS	42
2.3.1 Radiação fotossinteticamente ativa (RFA).....	42
2.3.2 Variáveis da pastagem e desempenho animal: efeito dos tratamentos	43
2.3.3 Medidas das árvores	47
2.3.4 Danos no componente arbóreo	48
2.4 DISCUSSÃO	50
2.4.1. Produção de pasto e desempenho animal ao longo do tempo	50
2.4.2. Efeito da presença das árvores e doses de N na produção do pasto e desempenho animal	51
2.4.3 Impacto dos animais nas árvores.....	54
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS.....	57
ANEXOS A- FIGURAS DOS TIPOS DE DANOS NAS ÁRVORES DE <i>EUCALYPTUS GRANDIS</i> CLONE GPC 23.....	62

3 IMPACTO DAS ÁRVORES E DE DOSES DE NITROGÊNIO NA LUCRATIVIDADE DA PRODUÇÃO DE GRÃOS VERSUS PRODUÇÃO ANIMAL DURANTE O INVERNO EM SISTEMAS INTEGRADOS	64
3.1 INTRODUÇÃO.....	64
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS	67
3.2.1 Descrição do local	67
3.2.2 Tratamentos e delineamento experimental	68
3.2.3 Produtividade da aveia granífera	70
3.2.4 Produtividade animal.....	71
3.2.5 Análise econômica	71
3.2.6 Análise estatística	72
3.3 RESULTADOS	72
3.3.1 Produtividade da aveia grão e animal	72
3.3.2 Análise econômica.....	75
3.4 DISCUSSÃO.....	78
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS.....	84

1 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

1.1 INTRODUÇÃO

No presente momento, apesar do agronegócio ser capaz de abastecer o mercado mundial, a grande demanda de alimentos e produtos agrícolas resultam na deterioração de componentes do sistema, como solo, água, emissão de gases de efeito estufa, entre outros. Como a exigência de insumos pela população cresce cada vez mais, tais impactos perturbam o potencial de produção natural para atender tal demanda (LEMAIRE et al., 2017). A fim de reduzir esses efeitos e garantir a segurança alimentar é fundamental difundir a utilização de modelos de integração agropecuária visando a intensificação do uso da terra e sustentabilidade do sistema, em outras palavras, Moraes et al. (2018) definiram que o intuito é alcançar a produtividade sem afetar as realizações ecológicas e sociais.

Dentre a imposição levantada, o bem-estar animal se encontra em crescente destaque, estando relacionado com conforto físico e mental do rebanho. A partir do momento em que a população assente o sofrimento animal como fator importante, conclui-se que o bem-estar possui poder e valor econômico (MOLENTO, 2005), sendo então de extrema importância a adoção de métodos que assegurem o conforto do animal e sincronicamente a produtividade. Um dos métodos indicados para garantir tais resultados são os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA), que se caracterizam por sistemas estruturados para beneficiar-se das interações sinérgicas dos elementos solo-planta-animal-atmosfera em áreas que assimilam atividades agrícolas multifuncionais (CARVALHO et al., 2018). A presença de árvores, em áreas de lavouras e/ou pastagens, proporciona uma barreira na qual minimiza a velocidade do vento e auxilia no controle de temperatura extremas, otimizando o bem-estar animal (YATES et al., 2007; LOPES et al., 2016). Em concordância com Pontes et al. (2016), é preciso salientar que a resposta do animal ao sombreamento também se baseia na disponibilidade de nutrientes na pastagem, principalmente o nitrogênio. Simplificando, tais sistemas garantem o abastecimento alimentar com um menor impacto ambiental e, conforme Moraes et al. (2018), incorporam grande parte das exigências atuais para segurança alimentar.

Considerando a adversidade da degradação de áreas de pastagens e a necessidade de garantir a segurança alimentar, os SIPA estão sendo globalmente indicados para debelar tal situação pela inserção de espécies agrícolas e/ou arbóreas (LEMAIRE et al., 2014; GARRET et al., 2017; MORAES et al., 2018). Esse método de produção é capaz de potencializar o ciclo

de nutrientes nas fases pecuárias, recompor a estrutura do solo, intensificar a produtividade dos grãos e dos animais com um mínimo aumento no consumo de insumos (CARVALHO et al., 2018).

Na região sul do Brasil diversas culturas são comumente utilizadas no verão, incluindo a soja, milho e feijão. No entanto, no inverno há pouquíssimas opções economicamente viáveis para cultivos agrícolas, por isso grande parte das áreas de lavoura de verão não geram nenhuma renda nos meses de inverno (BALBINOT JR., 2007). Apesar disso, há espécies forrageiras anuais de inverno que são adaptadas às condições climáticas da estação, apresentando rendimento e qualidade adequados (ASSMANN et al., 2004), como é o caso da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), aveia branca (*Avena sativa* L.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) Frente a isso, o SIPA pode auxiliar no uso contínuo de áreas agrícolas, tornando-as produtivas durante todo o ano e melhorando a qualidade do solo ao longo do tempo (BALBINOT JR et al., 2009; RAO et al., 2003).

O sinergismo oriundo do sistema é proporcional a variabilidade de espécies empregadas. Exemplificando, diferentes culturas com características variadas, como quantidade e qualidade de substratos e tipos de raiz, em uma mesma área, colaboram com o aprimoramento da qualidade do solo e, por conseguinte, do sistema. A complexidade de incorporar lavoura com posterior introdução de animais, em uma área já ocupada por árvores, é uma maneira de matizar os elementos do sistema e potencializar a transferência de energia e os fluxos de carbono, nitrogênio e fósforo (MORAES et al., 2018).

A aveia é uma alternativa de cultura para inverno bastante utilizada no sul do Brasil, podendo ser implantada para produção de forragem para os animais, de silagem ou de grãos, que podem ser destinados tanto para alimentação humana quanto para a animal (FLOSS et al., 2007). A aveia grão se tornou um ingrediente importante na dieta animal, sendo ofertada principalmente na sua forma integral, oferecendo praticidade e evitando o custo com a moagem do cereal. Como hoje em dia as dietas ricas em concentrados são amplamente utilizadas, a adição da aveia na dieta oferece fibra fisicamente efetiva (FDNfe), o que diminui a necessidade de inclusão de fontes volumosas e minimiza os riscos de acidose láctica ruminal nos animais (LÂNGARO; CARVALHO, 2014).

O Brasil possui a maior produtividade de eucalipto do mundo, e o plantio dessa árvore responde por 72,4% de todos os hectares destinados à produção florestal, sendo o segmento de papel e celulose o mais destacado (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2019). Além de ser a espécie mais estudada no país, a difusão do seu uso no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) também acontece devido ao grande número de genótipos/fenótipos

disponíveis; adaptação às condições climáticas brasileiras e variabilidade de uso em produtos madeireiros e não madeireiros (MACEDO et al., 2010, CEZANA et al., 2012). Ainda, o manejo do eucalipto diminui a densidade do solo e induz crescimento e produção de matéria seca da cultura intercalar, já que em solos menos densos a adubação fosfatada é mais eficiente (RIBEIRO et al., 2010).

Assim como todo sistema de produção, a ILPF contém desafios. Um deles é controlar a competição por luz entre os elementos do conjunto. Essa disputa pode ser minimizada pela desrama e desbaste das árvores. Tais técnicas permitem melhorar a entrada de radiação no sistema, movimentação dos animais, viabiliza atividades como colheita, além de agregar valor à madeira (TONINI et al., 2016).

A maioria das espécies forrageiras apresenta uma resposta produtiva elevada em relação a maior disponibilidade de nutrientes, especialmente de nitrogênio. A deficiência desse componente limita o rendimento forrageiro de maneira expressiva, além disso, a adubação nitrogenada na fase pastagem contribui para o desempenho das culturas sucessivas em razão do aproveitamento do nitrogênio residual (ASSMANN et al., 2003; BALBINOT JR et al., 2009). A dose de nitrogênio utilizada também tem influência na lixiviação desse componente e emissões de gases de efeito estufa (PALMA et al., 2007; REN et al., 2021). Além disso, o nitrogênio é um insumo de alto custo, e uma das vantagens do SIPA é reduzir a dependência por insumos externos (FRANZLUEBBERS, 2007). Frente a escassez de trabalhos envolvendo adubação nitrogenada em SIPA, se torna essencial a realização de estudos avaliando diferentes doses de N na adubação de sistemas com integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta, evidenciando os resultados da interação da adubação nitrogenada com a presença e ausência de árvores, e seus impactos na produção agrícola e animal.

1.2 PRODUÇÃO DE AVEIA GRÃO NO SUBTRÓPICO BRASILEIRO: IMPACTO DE DOSES DE N E DA ARBORIZAÇÃO

A área destinada a produção de aveia grão no Brasil passou de 58,4 mil hectares na década de 1970, para cerca de 242 mil hectares na década de 2000, apresentando um acréscimo de 314,4% da área colhida (EMBRAPA, 2012). Atualmente, de acordo com a Conab (2021), a aveia é a segunda cultura de inverno mais produzida no Brasil, sendo que o maior estado produtor desse cereal é o Rio Grande do Sul, seguido do Paraná em segundo lugar, representando 14,9% da produção nacional. Juntos, esses dois estados produziram 1,034 milhões de toneladas de aveia grão no ano de 2022, onde a produtividade paranaense foi de

2.161 kg/ha (CONAB, 2023). Em relação ao ano de 2021, o Paraná obtinha uma área equivalente a 108,5 mil ha destinados a produção de aveia, com produtividade média de 2.004 kg/ha (CONAB, 2023).

A produção de aveia da safra 2022 já foi comercializada, sendo destinada principalmente a indústria de ração animal, além de uma pequena parcela ter sido comercializada para indústria de alimentação humana e outra para produção de sementes com objetivo de plantio para cobertura vegetal nesse ano de 2023 (CONAB, 2023b).

De acordo com Berger et al. (2020), um dos macronutrientes essenciais às plantas é o nitrogênio (N), sendo o fator mais limitante na produção de cereais, pois sua presença estimula o crescimento de raízes e síntese de clorofila, resultando em uma maior absorção de nutrientes e produção de carboidratos, o que melhora o valor nutricional da planta (PERETTI et al., 2017). Contudo, o nitrogênio apresenta alto custo ao produtor, devendo ser utilizado corretamente para evitar desperdícios e danos ambientais (ALVES, 2015).

A produtividade de culturas hibernais pode ser efetivada com o uso da adubação nitrogenada, que também pode dispensar ou diminuir a necessidade de adubação na cultura de verão (ASSMANN et al., 2002). A dose de fertilizante nitrogenado a ser aplicada na cultura varia de acordo com o teor de matéria orgânica que o solo apresenta e da expectativa de produção (MANTAI et al., 2015), além de também depender da cultura antecessora, pois as características qualitativas e quantitativas da palhada residual da cultura anterior podem gerar altas ou baixas liberações de nitrogênio residual, afetando a disponibilidade de N e o uso desse macronutriente pela planta (SCREMIN et al., 2017).

Atualmente, tanto devido a fatores econômicos quanto ambientais, procura-se reduzir o uso de nitrogênio através de um manejo mais apropriado e sustentável, aumentando a eficiência da utilização desse nutriente pelas plantas (HUANG et al., 2018; BERGER et al., 2020) sendo que, de acordo com Ball; Field (1992), sua resposta efetiva é definida pela matéria seca (MS) produzida por unidade de N aplicado (kg de MS/kg de N).

Além da variação da dose de N aplicada sobre a cultura, o estágio fenológico em que será realizada a adubação também é um fator essencial para a produção. Para cereais de inverno no Brasil é indicado que a adubação ocorra dentre o período de estágio V3 e o estágio V6 (início de perfilhamento ao início de alongamento), equivalendo a um período de 30 a 60 dias depois da emergência das plantas (ARENHARDT et al., 2015). No momento da adubação também é necessário que o solo esteja apresentando um bom índice de umidade, a fim de evitar perdas na aplicação ou afetar a absorção do mineral (BOHN et al., 2020).

O nitrogênio é essencial ao desenvolvimento morfológico da aveia, sendo que sua deficiência impacta na qualidade e rendimento de grãos (MAROLLI, 2014). No entanto, níveis superiores deste elemento podem ocasionar perdas produtivas devido ao acamamento da planta (HAWRROTH et al., 2015). Frente a isso, é importante a realização de estudos voltados ao uso de nitrogênio na aveia a fim de adequar os níveis mais satisfatórios de adubação nitrogenada, que possibilite uma boa estatura e afilhamento sem ocasionar o acamamento da cultura, particularmente em SIPA, visto que não há recomendações para a cultura quando utilizada em tais sistemas.

No caso dos sistemas convencionais de cultivo, apesar do nível tecnológico, insumos e sementes melhoradas, o intenso uso do solo através de manejos inadequados resulta em modificações físicas e químicas, como a exposição de microrganismos e perda de carbono para a atmosfera, afetando a estrutura do solo (FASSARELLA et al., 2012). Já em sistemas de plantio direto através da rotação de culturas, a palhada que permanece na superfície do solo é utilizada pelos microrganismos por um longo período, oferecendo melhores condições para a próxima cultura a ser implantada na área (BONATO, 2021; DINIZ FILHO et al., 2007).

Os programas de melhoramento genético de aveia grão não possuem como foco a criação de variedade para ser cultivada em sistemas arborizados. Autores como Semchenko; Zobel (2005), avaliando quatro variedades da planta puderam observar que em sua alocação de fotoassimilados as folhas em resposta a luz ou as panículas e caules em resposta a luz e nutrientes, a aveia não apresenta plasticidade ontogenética. Ainda, os autores afirmaram que o teor de lignina e celulose dos caules da aveia aumentam quando esta localiza-se sob sombra, compensando a falta da plasticidade ontogenética na biomassa do caule em resposta a luz, dessa maneira fornecendo suporte mecânico para as plantas cultivadas em locais sombreados.

De acordo com Deiss et al. (2016), para contornar essa desvantagem da falta de plasticidade ontogenética da aveia, o aumento dos teores de nitrogênio na adubação da cultura oferece condições para interação interespecífica na planta, regulando o crescimento da aveia em sistemas arborizados. Porém, em seu estudo onde avaliaram o acúmulo de fitomassa na aveia (*Avena sativa* L. cv. IPR 126) com diferentes níveis de adubação e distâncias das árvores, foi possível observar que mesmo com níveis elevados de nitrogênio, a linha de planta cultivada mais próxima ao componente arbóreo apresentou menor acúmulo de fitomassa. Esse resultado está associado a menor incidência de luz nas proximidades das árvores, como também à competição entre as árvores e a aveia pela água e nutrientes presentes no solo (LING et al., 2017; MAGALHÃES et al., 2018; SOUSA NETO et al., 2014).

Diferentes espécies cultivadas em um mesmo local podem afetar de diferentes formas a dinâmica da água no solo onde estão localizadas (REICHERT et al., 2017). Segundo Ling et al. (2017) a competição por água é significativamente superior nas áreas mais próximas do componente arbóreo. Em um estudo realizado no estado de São Paulo com ILPF, os autores demonstraram que o milho implantado no sistema apresentou menor produtividade nas regiões próximas às árvores, relacionando esse resultado a competição entre as duas culturas (PEZZOPANE et al., 2019).

No momento inicial da vida das árvores, quando elas ainda não atingiram altura e diâmetro suficiente para permitir a entrada de animais na área, essas também exibem menor competição por água e nutrientes, além de oferecer menor sombreamento, gerando menor impacto no desenvolvimento da cultura intercalar (GILL; SINGH; KAUR, 2009). Logo, nos estágios iniciais do componente arbóreo, uma das alternativas que podem ser adquiridas durante o período de inverno é a implantação da aveia para produção de grãos. Autores já mostraram que a aveia é capaz de se desenvolver com a presença do eucalipto na mesma área, podendo também oferecer maiores doses de nitrogênio a cultura nas áreas com maior competitividade por luz, para que essa atinja maior produtividade (DEISS et al., 2016).

1.3 PRODUÇÃO ANIMAL EM SIPA

As forrageiras compreendem uma das principais fontes de alimento para os bovinos, todavia, suas características qualitativas se apresentam reduzidas nas estações mais frias do ano, em razão da diminuição do fotoperíodo, temperaturas baixas e geadas (FLORES et al., 2008; PERETTI et al., 2017). De acordo com Pavinato et al. (2014), as estações frias resultam em produções limitadas de alimentos e qualidade inferior da dieta fornecida aos animais. No entanto, essas condições limitantes às forrageiras tropicais favorecem o uso estratégico de pastagens anuais de inverno (PERETTI et al., 2017).

As características que determinam o subtropical brasileiro, como frios intensos, geadas e veranicos, geram estacionalidade da produção forrageira e comprometem a rentabilidade das propriedades rurais dessa região. No entanto, é possível ofertar forragem de qualidade aos animais durante o inverno nas áreas destinadas a agricultura no verão, pelo uso de pastagens hibernais de aveia e azevém, permitindo a recria ou terminação de bovinos. Essa técnica é capaz de melhorar os índices zootécnicos no subtropical brasileiro no período de inverno, época em que, em geral, não há rendimento, pois nada é cultivado (SILVA et al., 2011; ROCHA et al.;

2011). A aveia, cereal adaptado às condições climáticas do Sul do país, pode ser empregada para produção de grãos, forragem para alimentação animal, rotação de culturas e cobertura de solos (GAYER et al., 2019). Como forragem para produção animal, a aveia apresenta satisfatório potencial produtivo e precocidade de pastejo, por isso, seu consórcio com azevém é indicado para alimentação de bovinos durante o outono-inverno (MALAGUEZ et al., 2017), proporcionando maiores períodos de utilização da pastagem, já que o azevém apresenta ciclo mais tardio quando comparado a aveia (FERRAZZA et al., 2013).

A aveia preta (*Avena strigosa* Scherb) é bastante utilizada em sistemas integrados devido ao seu ciclo de produção curto, não afetando a época de plantio das culturas de verão (BORGES et al., 2016). Seu cultivo como cobertura de inverno está sendo cada vez mais comum no estado do Paraná em razão da rusticidade da planta, facilidade para aquisição de sementes, formação de biomassa e alto acúmulo de matéria seca na planta (ZIECH et al., 2015). Seus valores bromatológicos variam de 19 a 23% de proteína bruta, com digestibilidade em torno de 60%, sendo que sua produção pode chegar até 10 t/ha (FLOSS et al., 2000).

Apesar de já ser reconhecido o potencial de resposta das pastagens à fertilização, em termos de produção de forragem e/ou animal, poucas propriedades adotam a adubação devido ao custo ou falta de informação sobre a dosagem que proporcionará bons resultados (BRAGANÇA, 2022). A dose de adubação nitrogenada indicada para a aveia depende do destino da matéria seca da planta, se para pastejo ou silagem/feno, e da produtividade de matéria seca esperada, sendo que para pastejo no estado do Paraná, é indicado de 35 a 50 kg/ha nos casos em que a produção esperada de matéria seca é inferior a 3 t/ha, 51 a 75 kg/ha no caso de matéria seca entre 3 a 6 t/ha, 76 a 100 kg/ha quando a produtividade esperada é de 7 a 10 t/ha, e 101 a 125 kg/ha quando a estimativa de produção de matéria seca ultrapassar 10 t/ha (PAULETTI; MOTTA, 2019).

Especialmente na região sul do Brasil, a bovinocultura de corte em SIPA mostra-se uma alternativa relevante de produção para o uso efetivo da terra, porém, para isso, necessita-se de um manejo ideal da pastagem de forma a beneficiar o sistema como um todo (MORAES et al., 2002). Um dos modelos de SIPA que atualmente apresenta destaque é o consórcio de soja com pastagens de inverno onde é inserido o componente animal, apresentando produção de grãos até mesmo superior a produção tradicional de soja (OLIVEIRA et al., 2013). Esse modelo é chamado de integração lavoura-pecuária (ILP), onde há a produção de grãos e animal em uma mesma área.

Pesquisadores já mostraram que sistemas de produção com inclusão de bovinos para pastejo não prejudicam a produtividade das culturas agrícolas subsequentes (PETERSON et al.,

2020; FLORES et al., 2007). A participação animal beneficia o sistema, pois quando a forragem é submetida a desfolha pelos animais, a sua produção de biomassa é elevada, além do fato de o animal retirar do pasto os nutrientes necessários para seu desenvolvimento e posteriormente repô-los por meio de suas fezes/urina. Isso torna a camada superficial do solo rica em matéria orgânica, incrementando o rendimento das demais culturas e tornando área produtiva durante todo o ano (CARPINELLI et al., 2021; COSTA et al., 2014).

Os SIPA podem favorecer a produção de grãos devido a inúmeros motivos, tais como o auxílio da fase pecuária na qualidade do solo através da ciclagem de nutrientes e aumento de matéria orgânica; produção de palhada oriunda da pastagem bem manejada, que em razão dos sistemas radiculares abundantes propiciam uma melhor estruturação do solo, desse modo viabilizando o sistema de plantio direto; minimização de processos erosivos; etc. (BASTOS, 2018; LOSS et al., 2011).

Adicionalmente, a matéria orgânica depositada no solo pelos animais, possui um componente essencial denominada biomassa microbiana, que compreende a porção mais viva da matéria orgânica (FIALHO et al., 2020). Formada por fungos, bactérias e actinomicetos, essa biomassa microbiana participa de processos como a decomposição de resíduos orgânicos e ciclagem de nutrientes minerais no solo, destacando-se o nitrogênio, fósforo e enxofre (VASQUES et al., 2020; DELBEM et al., 2011), proporcionando uma melhor qualidade do solo para a produção da cultura subsequente.

A produtividade de um rebanho de corte depende de diversos fatores, como o bem-estar, anteriormente citado, genética, manejo e ambiente. Diante disso, pesquisadores ampliam cada vez mais suas buscas na bovinocultura de corte do Brasil, país que hoje possui o maior rebanho bovino do mundo e é o segundo maior exportador de carne bovina. Esses esforços vêm sendo efetuados para aperfeiçoar a capacidade produtiva do gado de corte, exemplo disso é o caso da raça de corte Purunã, desenvolvida no Instituto Agrônomo do Paraná, com o objetivo de termos uma raça com bom desenvolvimento e tolerante a realidade edafoclimática regional. A raça é resultado do cruzamento de quatro raças de bovinos naturais (Aberdeen Angus, Caracu, Charolês e Canchim), sendo então sua composição 10% da raça Nelore, 20% raça Canchim, 20% raça Charolês, 25% raça Caracu e 25% raça Angus Aberdeen (LIPINSKI, 2013).

O sangue proveniente da raça Aberdeen Angus e da raça Caracu acentuam a habilidade maternal ao gado Purunã, enquanto o sangue da raça zebuína Canchim e a presença da raça Caracu também conferem resistência aos parasitas e adaptabilidade as condições climáticas, já a raça Charolês, agrega desenvolvimento muscular, alto grau de acabamento e precocidade, assim como a raça Angus (PEROTTO, 2008).

De acordo com Matheuws et al. (1996) os nutrientes reciclados através dos dejetos dos animais podem ser responsáveis por até 70% da produção anual de pastagem em casos de solos com baixo manejo de adubação. Os bovinos conseguem excretar até 90% do nitrogênio consumido através de suas fezes e urina (SOARES et al., 2007). Ainda, o processo de mineralização no solo é acelerado com a presença de animais, já que esses reduzem o tamanho das partículas dos nutrientes através da mastigação e ruminação (RUSSELLE, 1997; RISSI, 2015).

Em um trabalho com duração de 15 anos, realizado por Martins et al. (2015) no município de Tupanciretã (RS), foi observado que no sistema ILP, com sucessão soja e pastagem anual de inverno, o pastejo moderado no consórcio de aveia-preta e azevém com resíduo de 20 a 30 cm de altura, lotação contínua e ajuste de carga, incrementou 48% na renda bruta por hectare de soja da fazenda, além de minimizar riscos econômicos frente as adversidades climáticas. A oportunidade da adoção do ILP é destacada devido a possibilidade, de quando bem manejada, deixar cerca de 3 a 4 t/ha de MS de palhada na área, propiciando a prática do sistema de plantio direto (FONTANELI et al., 2022).

Dentre as pastagens de inverno utilizadas no ILP, as principais incluem a aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) e o azevém (*Lolium multiflorum*), onde o ganho médio diário (GMD) dos animais varia entre 0,8 kg/animal e 1,1 kg/animal, mantendo a altura da pastagem entre 20 e 30 cm de altura (MARTINS et al., 2015). Analisando a produção animal em ILP com a rotação entre soja no verão e pastagem de aveia consorciada com azevém no inverno, Kunrath et al. (2014) relataram produção de até 450 kg de peso vivo por ha com novilhos durante um período de pastejo de 120 dias. Nesse mesmo modelo de produção, Correio et al. (2017) observaram que os animais atingiram maior GMD (0,782 kg/animal/dia) quando a pastagem foi mantida em uma altura de 20 cm, onde também gerou o maior desempenho por área, correspondente a 295,56 kg de PV/ha em 123 dias de pastejo.

Avanços tecnológicos ocorreram no SIPA, onde foi introduzido também o componente arbóreo, denominando esse sistema de produção como integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) (BALBINO et al., 2011). Essa alternativa surgiu devido ao fato de que a maioria das áreas de pastagens no Brasil apresentam condições climáticas que provocam estresse calórico nos animais, afetando seu desempenho (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2003). Eucalipto (*Eucalyptus* spp.), grevília (*Grevillea robusta*) e pinus (*Pinus* spp.) estão entre as espécies arbóreas mais utilizadas para implantação da integração lavoura-pecuária-floresta (CARVALHO et al., 2001; PACIULLO et al., 2007; PORFÍRIO -DA-SILVA et al., 2010).

Gamarra (2017), em um estudo de longo prazo realizado pela Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande-MS, obteve GMD de 529 g/animal/dia e ganho de peso de 230 kg/ha em sistema ILPF com pastagem de capim Piatã (*Megathyrsus maximus*), enquanto no sistema ILP os animais ganharam 520 g/animal/dia e apresentaram ganho por área de 240 kg/ha, sendo que ambos os sistemas os animais permaneceram durante 132 dias. Apesar de no sistema ILPF, dependendo da situação, a receita pecuária e agrícola poder ser inferior quando comparado ao ILP, a adição do componente arbóreo apresenta potencial para maiores receitas no sistema como um todo, além do benéfico socioambiental (ALMEIDA et al., 2015).

Devido a combinação entre diferentes componentes em uma mesma área, algumas questões técnicas e econômicas devem ser investigadas. A presença de árvores no sistema interfere na estrutura da pastagem, interferindo na desfolha efetuada pelo animal, já que os herbívoros selecionam a planta e ingerem primeiramente as folhas e, apenas na falta dessa, se alimentam dos colmos, o que resulta na alteração da composição e padrões de crescimento da planta. Em razão disso, ocorre a alteração da dinâmica do pasto, fertilidade do solo e desempenho animal. Por ser uma técnica sustentável para a produção de alimentos, é essencial estudar os SIPA a fim de compreender a interação dos componentes do sistema e de intensificar o uso da terra e sua rentabilidade.

1.4 DANOS COMETIDOS ÀS ÁRVORES PELOS BOVINOS

O sucesso de sistemas silvipastoris pode ser afetado pelos danos causados pelos bovinos às árvores, ao comerem a casca das árvores e/ou quebrarem galhos, ramos e troncos de árvores jovens. Alguns mamíferos podem consumir cascas de árvores de diferentes espécies buscando equilibrar sua dieta por minerais, açúcar ou proteínas (BAXTER; HANSSON, 2001). Por esse motivo, é necessário realizar o estabelecimento e o manejo correto das árvores. Existem algumas alternativas que podem ser adotadas para o bom desenvolvimento do componente arbóreo, como o uso de substâncias repelentes (NICODEMO, 2009), proteções físicas (EASON et al., 1996), ou a espera para entrada de animais no sistema, inserindo-os apenas quando as árvores atingirem o porte mínimo que impeça a quebra do tronco por animais adultos, que é de 6 a 8 cm de diâmetro à altura do peito (REIS et al., 2007; GUERREIRO et al., 2015).

De acordo com Oliveira (2009), em casos que há problemas relacionados ao consumo de sal mineral pelos animais, esses apresentam um “apetite depravado”, podendo motivar ao consumo das cascas das árvores. O consumo, em especial do eucalipto, pode estar associado ao

seu teor de amido (ASHTON, 2005). Além da espécie, o diâmetro da árvore também influencia a escolha dos animais em consumi-la (SILVA et al., 2017), por exemplo, em um estudo realizado por Ashton (2005), o autor observou que equinos danificaram, em maior proporção, árvores de maior diâmetro. Enquanto Eason et al. (1996) relatou que ovinos danificaram em maior intensidade as árvores de menor diâmetro. Tais resultados mostram a questão de diferença entre tamanho de bocado e incidência de danos em árvores de diferentes diâmetros.

As consequências nas árvores incluem danos diretos, como pisoteio de mudas, ramoneio das folhas e quebra de ramos secundários e quebra do tronco (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2012). Tais danos prejudicam o desenvolvimento da árvore, podendo até mesmo influenciar a qualidade da madeira e o destino do produto.

A fim de minimizar possíveis danos mecânicos, como o pisoteio e a quebra do caule das árvores, e também da quebra dos galhos e ramos, é necessário atentar-se para as dimensões da árvore no momento da entrada do gado no sistema e de práticas silviculturais como a desrama (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2009). Em um experimento com 10 clones de eucaliptos, Guerreiro et al. (2015), não registraram a quebra de troncos das árvores, o que atribuíram ao fato de que os bovinos foram introduzidos no sistema quando os troncos das árvores apresentavam o diâmetro na altura do peito (DAP), medido a 1,30 m do solo, entre 6 e 8 cm. Corroborando com a recomendação de que a primeira desrama e a entrada dos bovinos no sistema silvipastoril ocorram quando as árvores apresentem DAP maior ou igual a 6 cm (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2012).

Um estudo em sistema silvipastoril, realizado no estado do Pará, com as espécies de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), paricá (*Schizolobium amazonicum*) e mogno-africano (*Khaya ivorensis*), constatou que o mogno-africano foi a única espécie danificada pelos animais (SILVA et al., 2017), e a hipótese dos autores é de que a palatabilidade da casca do mogno-africano, além de suas propriedades terapêuticas, já que a casca é utilizada na medicina veterinária como vermífugo e antibiótico (ADEMOLA et al., 2004), pode ser o fator que influencia a preferência dos bovinos pelas árvores de mogno-africano em relação às de paricá e eucalipto; o que corrobora com a teoria de Villalba et al. (2014) sobre a capacidade dos ruminantes escolher tecidos vegetais que contenham compostos farmacologicamente ativos, como os taninos.

Herbívoros aprendem a discriminar propriedade alimentares em não alimentares no ambiente e passam a selecionar uma dieta que atenda às suas necessidades. Conforme Day et al. (1998), a aprendizagem é a capacidade de associar os alimentos, discriminados e identificados pelas suas características pré-ingestivas (olfato, paladar, sensação na boca, visão),

com as consequências digestivas e metabólicas experimentadas após a ingestão, e usar esse conhecimento para moldar comportamentos futuros, assim os ruminantes escolhem o que comer com base no comportamento exploratório, aprendendo com suas mães e companheiros de rebanho e com as consequências pós-ingestão de novos alimentos (NICODEMO; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2018).

Os ruminantes desenvolvem preferência por alimentos que fornecem energia, proteína, alguns minerais e vitamina E. Também desenvolvem aversões por alimentos associados a distúrbios gastrointestinais, mal-estar devido à ingestão de substâncias que provocam vômito, compostos secundários de plantas, excesso de nutrientes ou ao enchimento excessivo do rúmen (GINANE et al., 2015).

Assim, conforme Feng et al. (2013), a casca de árvores poderia contribuir com nutrientes e medicamentos para a dieta, uma vez que contém polissacarídeos (celulose, emiceluloses), substâncias pécnicas, polímeros fenólicos incluindo lignina e taninos de alto peso molecular e poliésteres reticulados como suberina e cutina.

Então, se o animal prova a casca de uma árvore e as consequências digestivas e metabólicas experimentadas após a ingestão forem positivas, o animal terá adquirido um aprendizado e irá repeti-lo de forma recorrente.

O estudo de Eason et al. (1996) também relatou a associação do diâmetro da árvore com a incidência de danos no componente arbóreo, onde os autores avaliaram a presença de ovinos em sistema silvipastoril com pinus e indicaram que o aumento do diâmetro das árvores resultou em menores danos cometidos pelos animais, aspecto mais relacionado ao tamanho de bocado dos ovinos do que a preferência, já que mesmo árvores de maior diâmetro também tiveram a casca mastigada, mas, como o diâmetro do tronco era maior, o dano relativo foi menor.

Para o êxito do sistema silvipastoril, as espécies utilizadas e o manejo adotado devem ser cuidadosamente analisados, a fim de encontrar harmonia na integração entre todos os componentes. De acordo com Silva et al. (2017), o período em que as espécies florestais são cultivadas pode ser um importante parâmetro relacionado ao sucesso do sistema, já que esses autores levantaram a hipótese de que a fase silviagrícola mais longa favoreceu o desenvolvimento do mogno-africano frente aos danos no tronco, ou seja, é necessário o estabelecimento ideal das árvores para que essas não sofram danos intensos pelos animais. Além disso, é preciso escolher a espécie arbórea de altura e diâmetro adequados para tal atividade (PORFÍRIO-DA-SILVA; MORAES, 2010).

Associado a isso, a escolha da forrageira também é crucial, sendo que esta deve suportar o sombreamento ocasionado pelas árvores sem grandes perdas qualitativas e quantitativas,

oferecendo matéria seca suficiente para a nutrição dos animais (PACIULLO et al., 2009), sendo esses escolhidos adequadamente de acordo com a categoria animal a ser introduzida no sistema. Além desses parâmetros, Porfírio-da-Silva et al. (2012) relataram que características como o DAP, altura da inserção da copa e condições nutricionais das árvores também interferem na incidência de danos causados pelos animais.

1.5 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho animal e a produtividade de aveia-grão em sistemas de produção com e sem a presença de árvores sob distintas doses de N, durante três invernos consecutivos, realizando também a avaliação econômica dos três ciclos de estudo.

1.5.1 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito das doses de nitrogênio e do sombreamento nos componentes produtivos da pastagem e conseqüentemente na produção animal;
- Determinar o efeito dos diferentes períodos experimentais avaliados nos componentes de produção forrageira e animal;
- Avaliar os danos causados pelos animais nas árvores;
- Analisar a produtividade de aveia-grão, em distintos SIPA, com ou sem a presença de árvores, e com distintas doses de N, durante dois invernos consecutivos;
- Comparar a rentabilidade econômica de um SIPA com o componente animal e um apenas integrando lavoura e floresta, durante o inverno na região subtropical brasileira.

1.6 HIPÓTESES

- A presença de árvores não impacta, de forma intensa, a produção de grãos de aveia nos primeiros anos após a implantação das árvores, bem como de gramíneas forrageiras anuais hibernais, pois são espécies C₃, então possuem melhor capacidade em adaptar seu fenótipo em ambientes sombreados;
- Árvores com diâmetro a altura do peito (DAP) maior que 6 a 8 cm, sofrem impactos de menor intensidade e severidade cometidos pelos animais em pastejo;

- As áreas que recebem maior dose de nitrogênio se destacam em relação a produção forrageira e conseqüentemente desempenho animal e/ou de grãos, e o aumento da produção desses componentes compensa o custo com tal insumo.
- Tanto a produção de grãos de aveia, uma cultura de baixo custo, como a produção animal antecedendo a produção de grãos no verão, são alternativas lucrativas no subtropical brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ADEMOLA, I. O; FAGBEMI, B. O.; IDOWU, S. O. Evaluation of the anthelmintic activity of *Khaya senegalensis* extract against gastrointestinal nematodes of sheep: in vitro and in vivo studies. **Veterinary Parasitology**, v. 122, n. 2, p.151-164, 2004.
- ALMEIDA, R. G. et al. **Mistos como alternativa para a intensificação da produção animal em pastagens: integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta**. Embrapa Gado de Corte. ANAIS DO 27º SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. ESALQ/USP, Piracicaba, SP. 2015.
- ALVES, R.C. et al. Suprimento de nitrogênio para culturas de verão pela aplicação antecipada em Azevém pastejado por ovinos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 39:1406-1415, 2015.
- ARANHA, Helena Sampaio. **Produção e conforto térmico de bovinos da raça nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária**. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2017.
- ARENHARDT, E. G. et al. The nitrogen supply in wheat cultivation dependent on weather conditions and succession system in southern Brazil. **African Journal of Agricultural Research**. v.10, n. 48, p.4322-4330, 2015.
- ASSMANN, T. S. et al. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.27, n.4, p.675-683, 2003.
- ASSMANN, A. L. **Adubação nitrogenada de forrageiras de estação fria em presença ou ausência de trevo branco, na produção da pastagem e animal em área de Integração Lavoura Pecuária**. Tese de doutorado em Agronomia- Produção Vegetal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 100p. 2002.
- ASHTON, A. **Bark chewing by the wild horses of Guy Fawkes River National Park, NSW: impacts and causes**. 2005. 125 f. Monografia (Bachelorado em Science/ecology) - University Of New England, Armidale, New South Wales, Austrália, 2005.
- BALBINO, L. C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesqui. Agropecu. Bras.** v. 46, p.1-12, 2011.
- BALBINOT JR, A. A. et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**. v. 39, n. 6, 2009.
- BALBINOT JR., A. A. **Uso do solo no inverno: propriedades do solo, incidência de plantas daninhas e desempenho da cultura de milho**. 2007. 150f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Paraná.
- BASTOS, Maria Helena Carvalho. **Intensidade de pastejo e nitrogênio na produção aveia-preta em sistemas integrados de produção agropecuária**. Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia do Centro Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina. Curitibanos, 2018.

- BENDFELDT, E. S.; FELDHAKE, C. M.; BURGER, J. Establishing trees in an Appalachian silvopasture: Response to shelters, grass control, mulch, and fertilization. **Agroforestry Systems**. v. 53, n. 3, p. 291-295, 2001.
- BERGER, K. et al. Crop nitrogen monitoring: Recent progress and principal developments in the context of imaging spectroscopy missions. **Remote Sensing of Environment**. vol. 242, p. 111758, 2020.
- BOHN, A. et al. Nitrogen fertilization of self-seeding Italian ryegrass: effects on plant structure, forage and seed yield. **Ciência Rural**, 50, 2020.
- BORGES, L. S.; AQUINO, F. C.; EVANGELISTA, A. F. Integração lavoura-pecuária: Revisão. **Revista Nutritime**. v.13, n. 01, p. 1-7.2016.
- BRAGANÇA, Lueli Fernandes. **Influência da palhada residual, espécie forrageira e nível de nitrogênio na produção e valor nutricional da aveia e azevém em sistema integrado de produção agropecuária**. Dissertação de mestrado, Pós Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Pampa. Uruguaiana, RS. 2022.
- CARPINELLI, S. et al. Temporal distribution of cattle dung and nutrient cycling in integrated crop-livestock systems. **Agronomy**, v.10, n.5, p.672, 2020.
- CARVALHO, P.C. de F.; NUNES, P.A. de A.; ANGHINONI, I. **O processo de pastejo como gerador de propriedades emergentes em sistemas integrados de produção agropecuária**. In: Sistemas Integrados de Produção Agropecuária no Brasil. SOUZA, E. D. de et al. (eds.). Tubarão: Copiart, p. 39-44, 2018.
- CEZANA, D. P. et al. Efeitos de diferentes classes de altura e intensidades de desrama artificial sobre o crescimento de um híbrido de eucalipto. **Floresta**, v.42, n.1, p.137-144, 2012.
- COSTA, M. et al. Swine manure application methods effects on ammonia volatilization, forage quality, and yield in the PreAmazon Region of Brazil. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.74, n.3, p.311-318, 2014.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Relatório de safra de grãos**. 2021.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos safra 2022/23**. Vol. 10, n. 4. 2023.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Previsão de safra Janeiro 2023**. 2023b.
- CORREIO, G. S. D.; CORREIO, O. G. L. F.; CORREIO, J. L. S. S.; CORREIO, S. M.; COSTA, O. A. D.; CORREIO, P. P. F.; CORREIO, A. B. K. **Desempenho de um sistema integrado de produção agropecuária sobre pastagem de inverno**. Revista Científica Rural, v. 19, n. 2, p. 161-173, 2017.
- DAY, J. E. L.; KYRIAZAKIS, I.; ROGERS, P. J. Food choice and intake: towards a unifying framework of learning and feeding motivation. **Nutr Res Rev**, 11:25–43, 1998.
- DEISS, L. et al. Oat grain yield under nitrogen uses in an eucalyptus intercropping system in Subtropical Brazil. **Revista Ciência Agronômica**. v. 47, n. 3, p. 462-470, jul-set, 2016.
- DELBEM, F. C. et al. Fontes e doses de adubação nitrogenada na atividade microbiana e fertilidade do solo cultivado com *Brachiaria brizantha*. *Acta Scientiarum*. **Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 361-367, 2011.

- DINIZ FILHO, E. T. et al. **Prática da compostagem no manejo sustentável de solos**. Revista Verde, v.2, n.2, p.27-36, 2007.
- EASON, W. R.; GILL, E. K.; ROBERTS, J. E. Evaluation of anti-sheep tree-stemprotection products in silvopastoral agroforestry. **Agroforestry Systems**. v. 34, n. 3, p. 259-264, 1996.
- EMBRAPA. **A aveia no Brasil**. Documentos Online 136. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. 2012.
- FENG, S. et al. Valorization of bark for chemicals and materials: a review. **Renew Sustain Energy Ver**, v.26, 2013. 560–578 pp.
- FERRAZZA, J. M. et al. Produção de forrageiras anuais de inverno em diferentes épocas de semeadura. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n.2, p.379- 389, 2013.
- FIALHO, C. M. T. et al. Weed Interference in Soybean Crop Affects Soil Microbial Activity and Biomass. **Planta Daninha**, v. 38, n. 8, p. 1-6, 2020.
- FLOSS, E. L.; AUGUSTINF, L.; CALVETE. O.; **Melhoramento genético da aveia na Universidade de Passo Fundo**. 1977/1997. Pesquisa informa, Passo Fundo, ano 01, n.1,2000.
- FLORES, R. A. et al. Produção de forragem de populações de azevém anual no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.7, p.1168-1175, 2008.
- FLORES, J. P. C. et al. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração-lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 31, p. 771-780, 2007.
- FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; PANISSON, F. T. **Sistemas Integrados de Produção Agropecuária em Plantio Direto**. Passo Fundo, RS: Embrapa, 2022. 245 – 257 p., cap. 11.
- GAMARRA, E.L. **Produção de bovinos de corte em sistemas de integração estabelecidos**. 45p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. 2017.
- GARCIA, R.; TONUCCI, R. G.; GOBBI, K. F. Sistemas silvipastoris: uma integração pasto, árvore e animal. In: OLIVEIRA NETO, S. N. de et al. **Sistema Agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta**. Viçosa, MG: SIF, 2010. p. 123-165.
- GAYER, T.O. et al. Different dry matters content used for the conservation of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) in anaerobic environment. **African Journal of Agricultural Research**. v. 14, n. 6, p. 369–378, 2019.
- GILL, RIS; SINGH, B.; KAUR, N. Produtividade e absorção de nutrientes de variedades de trigo recém-lançadas em diferentes épocas de semeadura sob plantação de álamo no noroeste da Índia. **Sistemas Agroflorestais**. v. 76, p. 579-590, 2009.
- GINANANE, C. et al. Feeding behaviour in ruminants: a consequence of interactions between a reward system and the regulation of metabolic homeostasis. **Anim Prod Sci**. v.55, p. 247–260. 2015.
- GUERREIRO, M. F.; NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Vulnerability of ten eucalyptus varieties to predation by cattle in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**. Dordrecht, v. 89, p. 743-749, 2015.

- HAWERROTH, M. C. et al. Redução do acamamento em aveia branca com uso do regulador de crescimento etil trinexapac. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 50, p.115-125, 2015.
- HUANG, Y. et al. A remote sensing derived and biophysical process-based rice productivity simulation model. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 256–257, p. 253–269, 2018.
- IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores Brasília. **Relatório IBÁ 2019**. São Paulo, 2019. 80 p.
- KUNRATH, T. R. et al. Management targets for continuously stocked mixed oat × annual ryegrass pasture in a no-till integrated crop–livestock system. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 57, p. 71– 76, 2014.
- LANGARO N. C.; CARVALHO, I. Q. **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. XXXIV reunião da comissão brasileira de pesquisa de aveia Fundação ABC. 2014
- LING, Q. et al. Soil water effects of agroforestry in rainfed jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) orchards on loess hillslopes in Northwest China. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 247, p. 343–351, 2017.
- LIPINSKI, L. C. **Perfil metabólico de bovinos de corte da raça Purunã**. 2013. 124 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- LEMAIRE, G. et al. Integrated crop–livestock systems: strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agric. Ecosyst. Environ.** v. 190, p. 4–8. 2014.
- LEMAIRE, G. et al. **Agricultural intensification and diversity for reconciling production and environment: the role of integrated crop–livestock systems**. In: **Food production and nature conservation: conflicts and solutions**. GORDON, I.J.; PRINS, H.H.T.; SQUIRE, G.R. (Eds.), p. 113-132, 2017.
- LEHMKUHLER, J. W. et al. Tree protection methods during the silvopastoral-system establishment in midwestern USA: Cattle performance and tree damage. **Agroforestry Systems**. v. 59, n. 1, p. 35-42, 2003.
- LOPES, L. B. et al. The influence of trees on the thermal environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest. **Trop. Anim. Health Prod.** v. 48, p. 755–761. 2016.
- LOSS, A. et al. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V.46, p.1269-1276, 2011.
- MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B.; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: Editora da UFLA, 2010. 331p.
- MAGALHÃES, W. A. et al. Physical-hydraulic soil attributes in an integrated production system with different “paricá” forest component arrangements. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V. 53, n. 3, p. 351–360, 2018.
- MALAGUEZ, E. G. et al. Alternatives for Spring Forage Emptiness in Pampa, Brazil. **Journal of Neotropical Agriculture**. V. 4, no. 4, p. 58–64, 2017.
- MANTAI, R. D. et al. A eficiência na produção de biomassa e grãos de aveia pelo uso do nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, p.343- 349, 2015.

- MAROLLI, Anderson. **A modelagem matemática em aveia pelo uso do redutor de crescimento ligado ao nitrogênio e elementos climáticos.** Dissertação de Mestrado, UNIJUI, 2014.
- MARTINS, A. et al. **Integração soja-bovinos de corte no sul do Brasil.** Porto Alegre: Ufrgs, 2015. (Boletim Técnico, 2. Edição) 102p.
- MATHEWS, B. W.; SOLLENBERGER, L. E. **Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: soil considerations. In: nutrient cycling in forage systems.** Columbia, Proceedings... JOOST, R. E. and ROBERTS, C. A. (eds.). Columbia: University of Missouri, 1996. p. 213-229. 1996.
- MOLENTO, Carla Forte Maiolino. Animal welfare and production: economic aspects: Review. **Archives of Veterinary Science.** v. 10, n. 1, p. 1-11, 2005.
- MORAES, A. et al. **Sistemas integrados de produção agropecuária: conceitos básicos e histórico no Brasil.** In: Sistemas Integrados de Produção Agropecuária no Brasil. SOUZA, E. D. de et al. (eds.). Tubarão: Copiart, p. 13-28, 2018.
- MORAES, A. et al. **Integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil.** Encontro de integração lavoura-pecuária no sul do Brasil, v. 1, p. 3-42, 2002.
- NICODEMO, M. L. F. **Uso de repelentes na proteção de árvores dos danos provocados por herbívoros vertebrados.** In: SÉRIES Embrapa: [coletânea de publicações seriadas da Embrapa Gado de Corte - 2006 - 2007 -2008]. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2009. 34 p. 1 CD-ROM. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 157.
- NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Bark stripping by cattle in silvopastoral systems. **Springer Science+Business Media B.V.**, part of Springer Nature, 2018.
- OLIVEIRA, C. A. et al. Comparison of an integrated crop-livestock system with soyben only: Economic and production responses in shouthern Brazil. **Renew. Agric. Food Syst**, v. 28, p. 1-9, 2013.
- OLIVEIRA, D. E. **Minerais: funções, deficiências, toxidez e outros aspectos da suplementação.** In: AGROCERES: Nutrição Animal. Agrocere NA: artigos. 2009.
- PACIULLO, D. S. C. et al. **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite., p. 137-154. 2007.
- PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná.** 2 ed. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná Sociedade Brasileira de Ciência de Solo – NEPAR-SBCS, 2019.
- PAVINATO, P. S. et al. Production and nutritive value of ryegrass (cv. Barjumbo) under nitrogen fertilization. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n.2, p. 230-237. 2014.
- PERETTI, J. et al. Chemical composition and ruminal degradability of white oat (“Avena sativa” L.) cv. IPR 126 under different nitrogen levels. **Revista Brasileira De Saúde E Produção Animal**, v.18, n.1, p.89-102. 2017.
- PEROTTO, D. **Reportagem da Folha Rural.** 03 de mai. 2008.
- PETERSON, C. A.; DEISS, L.; GAUDIN, A. C. M. **Commercial integrated crop-livestock systems achieve comparable crop yields to specialized production systems: A meta-analysis.** PLoS ONE, v.15, n.5, 2020.

- PEZZOPANE, J. R. M. et al. Forage productivity and nutritive value during pasture renovation in integrated systems. **Agroforestry Systems**, v. 93, n. 1, p. 39–49, 2 fev. 2019.
- PONTES, L. S. et al. Interactive effects of trees and nitrogen supply on the agronomic characteristics of warm-climate grasses. **Agronomy Journal**, v.108, p. 1531-1541, 2016.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. et al. **Danos causados por bovinos em diferentes espécies arbóreas recomendadas para sistemas silvipastoris**. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 32, n. 70, p. 183-92, 2012.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. D. **Sistemas silvipastoris: fundamentos para a implementação**. In: PIRES, A. V. (Ed.). Bovinocultura de corte. Piracicaba: FEALQ, 2010. v. 2, Cap. 71, p. 1421-1461. 2010.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, Vanderley. **Sistemas silvipastoris em Mato Grosso do Sul. Para que adota-los?** In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2003. Anais... Campo Grande: Embrapa-Gado de Corte, 2003. p.1-13.
- RAO, S. C. et al. Potential grain and forage production of early maturing pigeonpea in the Southern Great Plains. **Crop Science**, v.43, n.6, p.2212-2217, 2003.
- REICHERT, J. M. et al. Water balance in paired watersheds with eucalyptus and degraded grassland in Pampa biome. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 237– 238, p. 282–295, 2017.
- REIS, H. A. et al. Agrossilvicultura no Cerrado, região noroeste do Estado de Minas Gerais. In: FERNANDES, E. N.; PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T. de; MÜLLER, M. D.; ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. da C. (Ed.). (org.) **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p. 137-154.
- REN, H. et al. Melhorando os pequenos agricultores' rendimentos de milho e benefícios econômicos com a intensificação de safras sustentáveis na planície do norte da China. **Sci. Total Environ.** 763, 143035. 2021.
- RIBEIRO, V. A. M. et al. Resposta da soja e do eucalipto ao aumento da densidade do solo e a doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1157-1164, 2010.
- RISSI, Bruno Felipe. **Produção animal em sistema de integração lavoura-pecuária em função de intensidade de pastejo e antecipação de adubação nitrogenada**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, Pr. 2015. 58 f.
- ROCHA, L. M. et al. Desempenho e características das carcaças de novilhos 75 superprecoces em pastos hibernais submetidos a intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, 2011.
- RUSSELLE, M. P. **Nutrient cycling in pasture**. In: **simpósio internacional sobre produção animal em pastejo**. Viçosa, MG. Anais. 1997.
- SCREMIN, O. B. et al. Nitrogen efficiency in oat yield through the biopolymer hydrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n. 1, p.379-385, 2017.
- SEMCHENKO, M.; ZOBEL, K. **Efeito do melhoramento na alometria e plasticidade fenotípica em quatro variedades de aveia (Avena sativa EU)**. Pesquisa de Culturas de Campo, v. 93, pág. 151-168, 2005.

SILVA, H. A. et al. Desempenho de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, 2011.

SILVA, A. R. Et al. **Incidência de Danos em Espécies Florestais Causados por Bovinos em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 122. Embrapa Amazônia Oriental. Belém, Pará. 2017.

SOARES, M. T. S.; SANTOS, A. A.; ABREU, U. G. P. **Estimativa Preliminar do Conteúdo de Nitrogênio Depositado via Fezes Bovinas no Pantanal da Nhecolândia**. Comunicado Técnico 65, Embrapa, Corumbá, MS. 2007.

TONINI H. et al. Biomassa e área foliar de clones de eucalipto em ILPF: Implicações para a desrama. **Nativa**, v. 4, n. 5, p.271-276, 2016.

VASQUES, N. C. et al. Resposta da biomassa microbiana a diferentes corretivos de solo. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 7, p. 161-169, 2020.

VILLALBA, J. J. et al. Ruminant Self-medication against Gastrointestinal Nematodes: Evidence, Mechanism, and Origins. **Parasite**, v. 21, 2014. p. 31.

YATES, C. et al. The economic viability and potential of a novel poultry agroforestry system. **Agrofor. Syst.** V. 69, p. 13–28. 2007.

ZIECH, A. R. D. et al. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 5, p. 374-382, 2015.

2 DESEMPENHO ANIMAL E IMPACTO DOS ANIMAIS NAS ÁRVORES EM DISTINTOS SISTEMAS INTEGRADOS

2.1 INTRODUÇÃO

De acordo com o relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) de 2018, a temperatura média global subiu 1,0 °C em razão das ações humanas, com previsão de elevação de 0,5 °C nas próximas 3 décadas, gerando grande impacto na vida dos seres humanos e animais. Frente a insegurança climática, uma das iniciativas que auxiliam na diminuição desses efeitos é a recuperação e/ou o reflorestamento de áreas degradadas. No Brasil, existem cerca de 49 milhões de hectares improdutivos, ou seja, sem gerar nenhuma renda, que apresentam potencial para a implantação de florestas, posicionando o país em quinto lugar em relação ao seu potencial de reflorestamento (BASTIN et al., 2019).

Dentre as espécies de árvores utilizadas, o *Eucalyptus spp.* compreende o principal gênero utilizado no Brasil, estando presente em 7,4 milhões dos hectares cultivados com árvores, em razão do seu potencial de adaptação a diferentes climas e solos (IBGE- PEVS, 2020).

Além disso, o principal uso dos solos brasileiros é a pastagem, representando 154 milhões de hectares em todo o país, estando presente em todos os biomas brasileiros. Porém, 63,5% destas áreas de pastagem apresentam sinais de degradação, principalmente devido ao manejo incorreto da área, taxas de lotação inadequadas e frequência de manejo incorreta (MAPBIOMAS, 2021). A qualidade das pastagens é importante tanto para o produtor, devido a interferência na produtividade do seu rebanho, quanto para o país, visto a capacidade de sequestro de carbono que as pastagens bem manejadas apresentam (KICHEL et al., 1999). Frente a esse cenário, o SIPA tem sido apontado como opção sustentável de produção para as propriedades agrícolas e recuperação de pastagens degradadas, evitando a necessidade de abertura de novas fronteiras agrícolas (PEDREIRA et al., 2014).

Apesar das extensas áreas de pastagens degradadas, de acordo com dados da Embrapa (2015), no Brasil, cerca de 95% da carne bovina produzida é oriunda de regimes de pastagens. Quando possui o manejo correto e um planejamento forrageiro adequado para a região, a produção animal a pasto é uma alternativa mais barata quando comparada a outros sistemas de produção, gerando maior lucratividade ao produtor (ZILIOTTO et al., 2010; SBRISSIA et al., 2017).

O subtropical brasileiro predomina nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e em parte no Mato Grosso do Sul (ALVARES et al., 2013), apresenta temperaturas médias anuais inferiores a 20°C, sendo essencial o cultivo de pastagens hibernais e estivais, a fim de manter a produção animal a pasto durante todo o ano (NABINGER et al., 2005). A produção animal em áreas que também possuem a produção agrícola no verão, é uma alternativa vantajosa para a região sul do Brasil, otimizando o uso da terra, que será utilizada durante todo o ano. Para alcançar efetividade na produção animal em SIPA, é necessária a implantação de forrageiras de qualidade, que devem ser manejadas corretamente. De acordo com Carvalho et al. (2011), a produção de forrageiras hibernais, como o consórcio de aveia e azevém, pode ser comprometida quando esta é submetida a alta intensidade de pastejo (i.e., baixa altura do pasto), devendo ocorrer a manutenção de pastejo moderada (e.g. entre 20 e 30 cm de altura do pasto no caso do consórcio aveia + azevém) para proporcionar melhor aproveitamento de forragem por parte dos animais.

Outro fator importante no manejo da pastagem é a adubação nitrogenada, sendo que essa interfere nas características qualitativas e quantitativas da forragem, afetando o desenvolvimento dos animais que a consomem (ADAMI, 2009). A antecipação dessa adubação nos sistemas proporciona maiores retornos econômicos via componente animal, devido a ciclagem de nutrientes, aproveitando um mesmo componente para a produção animal e vegetal. Apesar de melhorar a produção total, qualidade nutricional da forragem e, conseqüentemente, o ganho animal e cobertura do solo, o nitrogênio é um elemento de alto custo para o produtor, por isso deve ser manejado corretamente a fim de evitar desperdícios (ALVES, 2015; FERRAZZA, 2016) e/ou contaminação ambiental.

De acordo com Oliveira; Pinto Junior (2021), quando aplicado o correto manejo da cultura, a implantação de eucalipto em um sistema de produção oferece vantagens como a manutenção da fertilidade do solo, prevenção de erosões, controle contra doenças e pragas e bem-estar animal. A presença de árvores na pastagem também influencia o comportamento ingestivo dos animais (ARANHA, 2017), isso porque em condições de estresse térmico, ocorrem ajustes na fisiologia do animal a fim de reduzir sua taxa metabólica. Exemplo dessas alterações é a diminuição do consumo alimentar, fato que gera impacto no ganho de peso animal. Mesmo em um SIPA com oferta de sombra, o bem-estar dos animais depende da quantidade e qualidade do alimento ofertado. Portanto, os SIPA, quando bem planejados e manejados, são capazes de atender todos os requisitos para uma efetiva produção animal (ALVES et al., 2015).

Para o sucesso da implantação do componente arbóreo na área, é preciso tomar alguns cuidados devido a possibilidade de os bovinos interferirem em seu desenvolvimento. Os animais possuem tendência a quebrar galhos e remover cascas das árvores. Em razão disso, é ideal que a árvore passe por um período suficiente, sem a ação animal, para crescer a ponto de suportar os danos causados e impedir o alcance dos bovinos aos galhos e ramos mais finos (SILVA et al., 2017; REIS et al., 2007). Com o manejo visando a efetiva produção de todos os componentes presentes na área, o SIPA pode ser uma ótima alternativa de produção rentável e sustentável.

Frente ao exposto, o objetivo do presente trabalho foi determinar o impacto da ação dos bovinos nas árvores e, conseqüentemente, seu desenvolvimento, além de avaliar os efeitos de duas diferentes doses de N e da ausência ou presença de árvores, na produção animal e vegetal, em SIPA.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 Descrição do local

O presente estudo se caracteriza como o segundo ciclo de um experimento de longo prazo que foi implantado em 2006 e manejado sob plantio direto desde 2007, detalhes podem ser obtidos em Porfirio-da-Silva (2012), e teve o primeiro ciclo do experimento encerrado com a colheita total das árvores remanescente de eucaliptos (*Eucalyptus dunnii*) em 2019.

Conduzido na Estação de Pesquisa Fazenda Modelo do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-Emater (IDR - Paraná) (Figura 1) no período de abril de 2022 a junho de 2023, em Ponta Grossa, Paraná (25°07'22" S; 50°03'01" W); e altitude de 953 m. O clima, segundo Köppen, é do tipo Cfb subtropical mesotérmico úmido, com precipitação média de 1.400 mm anuais. A temperatura média anual é de 17,6 °C, com máximas e mínimas de 24,3 °C e 8,5 °C, respectivamente. As áreas experimentais contêm uma associação de solos apontados como Cambissolo Háplico Distrófico típico e Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura arenosa, com relevo entre 4 e 9% de declividade (EMBRAPA, 2006). Na Tabela 1 encontram-se os dados climáticos da região durante o período experimental.

Figura 1- Foto aérea da área experimental com sistema integrado de produção agropecuária, onde a parte destacada refere-se a área experimental utilizada.



Fonte: Google Earth, 2022

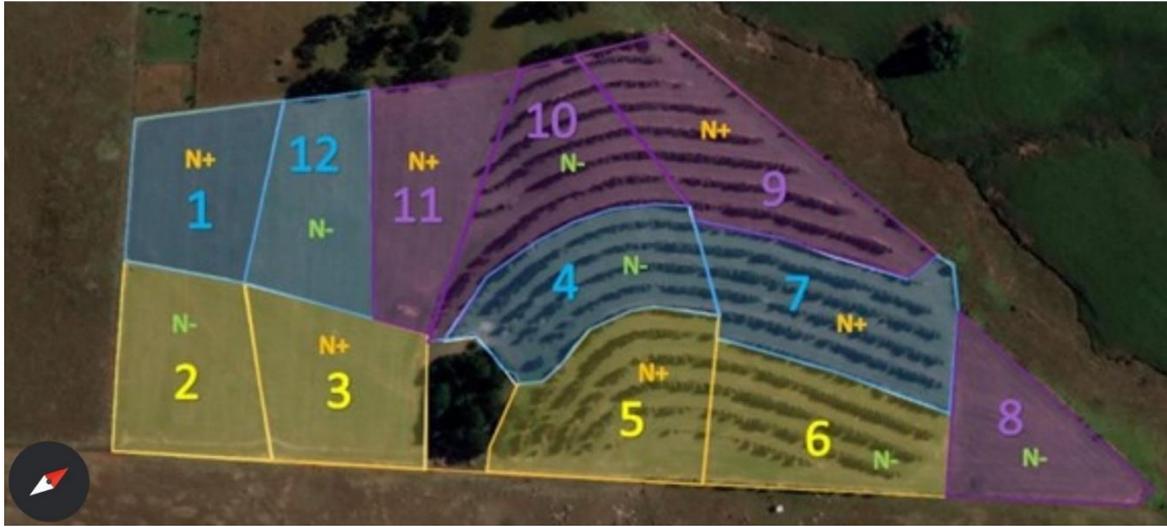
Tabela 1- Dados de precipitação pluviométrica e temperatura média durante o período experimental e média histórica (23 anos) da cidade de Ponta Grossa, Paraná.

Meses	jun/22	jul/22	ago/122	set/22	out/22
Precipitação (mm)	137,4	30,2	147,2	203,2	164,2
Média histórica (mm)	106,5	91,3	79,3	122,6	167
Temperatura média (°C)	13,3	15,6	14,0	14,0	17,8
Média histórica (°C)	14,5	14,1	15,4	17,1	18,7

Fonte: Simepar

A área experimental possui tamanho total de 13,23 ha, sendo 7,21 ha arborizados, apresentando 12 unidades experimentais (Figura 2), com dimensões variáveis (de 0,862 ha até 1,438 ha), sendo 6 unidades arborizadas e 6 sem árvores. As unidades experimentais foram individualizadas com auxílio de cerca elétrica. Quatro tratamentos foram avaliados, resultantes do cruzamento de dois fatores, presença x ausência de árvores e duas doses de adubação nitrogenada no inverno, 50 x 150 kg de N/ha, com três repetições.

Figura 2- Croqui da área experimental: N-, 50 kg de N/ha; N+, 150 kg de N/ha; as cores representam os diferentes blocos e os números as unidades experimentais



Fonte: A autora, 2023

As árvores de *Eucalyptus grandis* clone GPC 23 foram plantadas nos dias 20 e 21 de novembro de 2019, em um arranjo espacial de 14 m x 3 m e em renques de fila única (mesmos renques utilizados no primeiro ciclo) dispostas no sentido transversal da declividade do terreno na área experimental. A área estudada é composta por 1.084 árvores de eucaliptos, sendo 230 árvores pertencentes a unidade experimental 4, 120 árvores na unidade experimental 5, 161 na unidade 6, 184 na unidade 7, 212 na unidade 9 e 167 na unidade experimental 10. Aos 29 dias pós plantio foi realizado o replantio total de 450 mudas (14,4%). Foi realizada a adubação do plantio do eucalipto com 90 g/cova de superfosfato simples (SSP), e a adubação de cobertura, realizada 31 dias após o plantio utilizando ureia (30 g/pl) e KCl (60 g/pl). No dia 29 de setembro de 2021 foi realizado o primeiro inventário florestal, através da mensuração da circunferência à altura do peito (CAP) e altura total (Ht) das árvores. A intensidade de amostragem foi de 10% das árvores presente na área, onde obteve-se DAP médio e altura total média (Ht) de 9.94 ± 1.97 cm e 6.96 ± 1.21 m, respectivamente. Neste momento foi realizada a primeira desrama das árvores até a altura correspondente a 50% da Ht de cada árvore.

No inverno de 2020 e 2021 foi cultivada a aveia para produção de grãos, pois as árvores de eucalipto ainda não tinham atingido tamanho suficiente para permitir a entrada de animais na área. Já no inverno de 2022 a área foi utilizada para recria de novilhas Purunã com pastagem de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb. cv. IPR 61) consorciada com azevém (*Lolium multiflorum* Lam. BRS-Ponteio).

Em abril de 2022 foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, uma amostra composta por nível de profundidade e unidade experimental, totalizando 36

amostras, para as análises químicas e recomendações de adubação. Em 25 de abril, após colheita da soja, a área foi dessecada com glifosato (2.5 l/ha). A pastagem de aveia-preta (IPR 61) + azevém (BRS Ponteio) foi implantada em 26 de abril de 2022 com 60 kg de sementes de aveia/ha + 20 kg de sementes de azevém/ha e 70 kg de P_2O_5 /ha.

Em 5 de maio foi feita adubação em cobertura, usando 225 kg/ha do formulado N- P_2O_5 - K_2O 20-5-20 e no dia 6 de maio foi realizada a calagem com calcário calcítico na dose de 1,4 ton/ha, visando elevar a saturação por bases para 70%. Em 30 de maio foi feita adubação em cobertura com mais 80 kg de K_2O /ha. Tais recomendações de adubação foram feitas com base nas análises de solo, em função da cultura mais exigente do sistema (i.e., milho, produção esperada entre 13-16 ton/ha), visando a estratégia de adubação de sistema.

Os animais adentraram a área experimental no dia 14 de junho de 2022, e permaneceram nesta durante 139 dias. O sistema de pastoreio utilizado foi o contínuo, com o uso da técnica “put and take”, descrita por Mott & Lucas (1952), para o ajuste da carga e manutenção de altura constante da pastagem de cerca de 20 cm (CARVALHO et al., 2005), pelo uso de animais reguladores. Foram mantidos três animais “testers” da raça Purunã (novilhas com idade entre 8 e 10 meses no outono, ou seja, recria). Os ajustes foram realizados regularmente, baseados nas avaliações quinzenais de altura da pastagem.

A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada no dia 31 de maio, fase de início do perfilhamento da pastagem, com 50 x 150 kg de N/ha, isto é, em função dos tratamentos.

2.2.2 Coleta de Dados

2.2.2.1 Ganho de peso médio diário, ganho de peso vivo por hectare, carga animal

Os animais foram pesados a cada 28 dias, após restrição de alimentos e água por 16 horas. As pesagens intermediárias contribuíram para orientar os ajustes de lotação necessários, bem como para o controle do desempenho animal. O ganho de peso médio diário (GMD) dos animais “testers” foi avaliado pela diferença de peso vivo entre pesagens sucessivas e o número de dias transcorridos. A carga animal (kg de PV/ha/dia) foi calculada pela média ponderada do somatório dos pesos dos animais “testers” e “put and take” presentes em cada unidade experimental. O ganho de peso por hectare foi determinado multiplicando-se o GMD pelo número de animais - dia/ha, sendo este, por sua vez, calculado pela contagem do número de animais que permaneceram na unidade experimental em cada dia multiplicado pelo número de dias de avaliação de cada período.

2.2.2.2 Radiação fotossinteticamente ativa (RFA)

Foram realizadas avaliações pontuais (a cada ~30 minutos) com ceptômetros no dia 15 de agosto de 2022, em horário em que predominou a radiação difusa, iniciando as 09:00 horas e finalizando as 11:33 no período da manhã, enquanto que no período da tarde a avaliação foi iniciada 13:12 e finalizada as 15:43. A porcentagem de sombreamento foi medida utilizando dois ceptômetros (Decagon LP-80 AccuPAR, Pullman, WA, USA), sendo um posicionado em pleno sol e o outro colocado entre as linhas de eucalipto, considerando 5 distâncias (1,4; 4,2; 7; 9,8 e 12,6 m) da linha. A redução da disponibilidade de luz para as unidades experimentais com árvores foi calculada através da diferença entre os valores dos dois ceptômetros.

2.2.2.3 Componentes produtivos da pastagem

A altura da pastagem (toque da primeira folha) foi medida com o auxílio de uma régua graduada, a cada 15 dias, em 100 pontos por unidade experimental. A altura média da pastagem em cada unidade experimental foi utilizada na equação de calibração para estimar a massa de forragem. Para a calibração entre a altura e a massa de forragem, 5 amostras de 0,25 m² foram cortadas rente ao solo, a cada 28 dias, sendo três amostras coletadas na rotina de determinação da taxa de acúmulo.

A amostragem para a estimativa da taxa de acúmulo diário de matéria seca foi feita através da técnica do triplo emparelhamento (MORAES et al., 1990). Para tanto, foram utilizadas três gaiolas por unidade experimental de 1m³. A cada 28 dias, amostras de 0,25m² foram cortadas dentro e fora das gaiolas, ao nível o solo, secadas em estufa a 65 °C até massa constante e pesadas. O acúmulo de massa de forragem, seja total, de lâminas de folhas verdes, de bainha e colmos verdes e de material morto, para cada espécie (aveia preta e azevém), foi determinado por diferença, para cada componente, entre a massa obtida num instante dentro da gaiola (MF2) e a massa obtida no instante anterior fora da gaiola (MF1). Uma vez obtido o acúmulo de forragem, a taxa de acúmulo de forragem (TAF) foi calculada pela divisão do acúmulo de forragem pelo tempo decorrido entre as avaliações, ou seja: $TAF = (MF2 - MF1)/28$ dias. A produção total de massa seca acima do nível do solo foi determinada pelo somatório das produções dos períodos, considerando o resíduo inicial no momento de entrada dos animais na pastagem. A estimativa da oferta real de matéria seca foi obtida a partir da matéria seca disponível por dia, dividida pela carga animal média do subperíodo, sendo feito o mesmo tipo de cálculo para a oferta de lâminas verdes.

2.2.2.4 Avaliações no componente arbóreo

O inventário florestal foi realizado mediante amostragem sistemática de um indivíduo à cada 9 existentes ao longo dos renques, proporcionando a intensidade de amostragem de 10% das árvores existentes na área. Mensurações das variáveis circunferência na altura do peito (CAP) e altura total das árvores (Ht), foram efetuadas com o uso de fita métrica e um clinômetro digital, respectivamente, no dia 11 de outubro de 2022. Posteriormente foi realizado um cálculo com os valores de CAP, para a obtenção do diâmetro das árvores (DAP), sendo $DAP = CAP/3,14$ (número de pi), Algarismo utilizado para representar a relação entre o perímetro de uma circunferência e seu diâmetro.

A partir do inventário realizado no ano de 2022, foram definidas cinco classes de DAP existentes, incluindo a classe I (9,55 – 12,098 cm), classe II (12,099 – 14,64 cm), classe III (14,64 – 17,19 cm), classe IV (17,19 – 19,74 cm) e classe V (19,74 – 22,29 cm). Posteriormente, foi calculada a frequência relativa das árvores, para cada piquete, de acordo com o diâmetro para definir quantas árvores de cada classe seria avaliada para verificação dos danos cometidos pelos animais.

2.2.2.6 Avaliação do impacto dos animais nas árvores

Em 23 de novembro de 2022 foi realizada a avaliação dos danos causados pelos animais nas árvores. Os danos causados pelos animais foram tipificados em função das partes na planta: Tq = quebra da haste principal ou tronco; Tl = lesão do tronco alcançando o lenho pela retirada do tecido cambial; Gq = quebra de galhos/ramos secundários; Cl = lesão de casca, sem alcançar o câmbio; Rq = quebra de ramos finos e forrageamento de folhas, ou ramoneio; e Dl = lesão maior do que 5 cm de diâmetro. Um sistema de pesos e nota foi estabelecido para os diferentes tipos de danos: Tq = 10,0; Tl = 4,0; Gq = 2,0; Cl = 1,5; Rq = 1,0; e, Dl = 1,0. O critério adotado relacionou o tipo de dano e sua importância para o desenvolvimento futuro da árvore. A nota final para cada indivíduo foi a soma dos respectivos danos incidentes, exceto para o caso do dano Tq (quebra do tronco), cuja incidência, independentemente da ocorrência de outros tipos de dano, terá nota máxima. A ocorrência dos danos Dl (lesão da casca maior do que 5 cm de diâmetro), Tl (lesão do tronco alcançando o lenho pela retirada do tecido cambial), e Gq (quebra de galhos/ramos secundários), estão sempre associados a outros danos. Cinco classes de intensidade de dano (d) foram estabelecidas: d0 = nula ($d_0 = 0$); d1 = baixa ($0 < d_1 \leq 3$); d2 =

média ($3 < d2 \leq 6$); $d3 =$ alta ($6 < d3 < 10$); e, $d4 =$ extrema ($d4 = 10$) (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2012).

No dia 16 de maio de 2023, 174 dias após a avaliação de danos do componente arbóreo, período esse em que a área contava com a cultura do milho e não com o pastejo animal, foi realizado um novo inventário florestal através de medições da circunferência à altura do peito (CAP) e altura total das árvores (Ht), a fim de observar se houve desenvolvimento arbóreo mesmo após os danos cometidos pelos animais.

2.2.3 Análise Estatística

Análises de variância do efeito dos fatores bloco (GL = 2), doses de N (GL = 1) e sistema (presença ou não de árvores, GL = 1) foram realizadas utilizando-se o programa estatístico *Statgraphics Centurion XV*, modelo GLM para as variáveis de desempenho animal e componentes produtivos da pastagem. Os dados foram analisados tendo bloco como efeito aleatório e os demais como efeito fixo. ANOVAs também foram realizadas incluindo o fator período como medidas repetidas no tempo. Interações não significativas foram removidas do modelo final. Para atender ao teste de normalidade, os dados foram transformados quando necessário (e.g. raiz quadrada, logaritmo, box-cox). Em caso de efeito significativo para uma variável, foi realizado o teste de comparação de médias (LSD, *least significant difference*).

One-Way ANOVA foi realizada no *Statgraphics Centurion XV* para avaliar o efeito da classe de DAP na soma dos respectivos danos incidentes para cada indivíduo.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Radiação fotossinteticamente ativa (RFA)

Na Tabela 2 encontram-se os valores de porcentagem de sombreamento no sistema ILPF.

Tabela 2- Proporção de sombreamento nas 5 distâncias avaliadas entre os renques arbóreos.

Distância das árvores	% Sombreamento
1	25,4
2	33,0
3	36,7
4	38,4
5	39,1

1: 1,4 m; 2: 4,2 m; 3: 7 m; 4: 9,8 m; e 5: 12,6 m de distância do renque arbóreo no sentido sudeste - noroeste.

Fonte: A autora, 2023.

2.3.2 Variáveis da pastagem e desempenho animal: efeito dos tratamentos

Análises de variância foram realizadas considerando as médias obtidas por período experimental (i.e., a cada 28 dias), sendo os resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Resultado das análises de variâncias para as variáveis da pastagem e desempenho animal. Efeito de sistemas ILP (integração lavoura-pecuária) x ILPF (integração lavoura-pecuária-floresta), doses de nitrogênio (50 x 150 kg N/ha), períodos avaliados (1, 2, 3, 4 e 5) e as respectivas interações entre tais fatores.

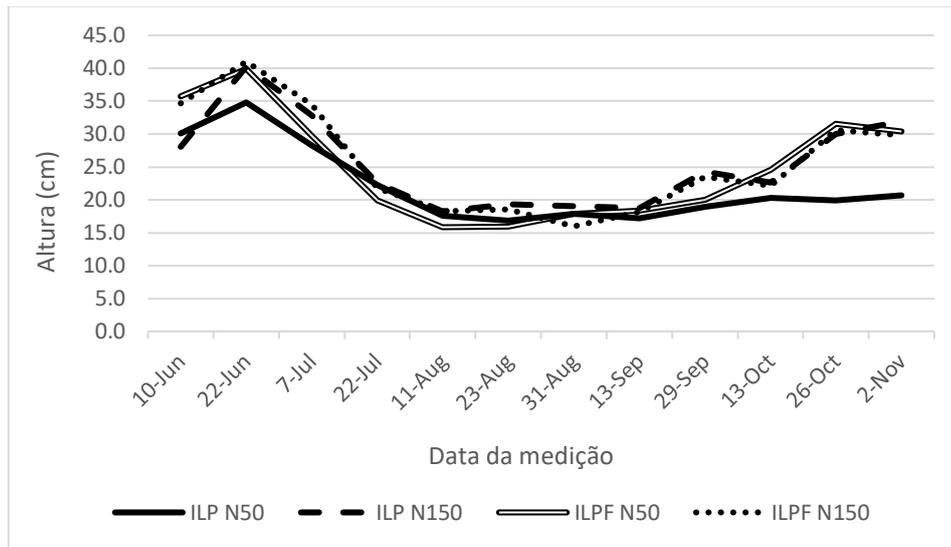
Variável	Sistema		Doses de N		Período		Sistema x Dose N		Período x Sistema		Período x Dose N	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
AT	0,98	0,323	9,59	0,0025	56,15	0,0000	-	-	3,17	0,0166	-	-
MF	4,03	0,0455	50,06	0,0000	140,5	0,0000	15,98	0,0000	-	-	2,17	0,0122
TX	6,59	0,0134	1,48	0,2141	18,91	0,0000	-	-	-	-	-	-
PT	3,99	0,0860	2,28	0,1745	-	-	-	-	-	-	-	-
OT	0,58	0,4151	0,00	0,9462	4,22	0,0050	-	-	-	-	-	-
OF	0,06	0,8032	2,80	0,1004	18,36	0,0000	-	-	-	-	-	-
CT	18,75	0,0034	0,24	0,6360	23,22	0,0000	-	-	-	-	-	-
GMD	28,83	0,0010	1,54	0,2540	17,34	0,0000	-	-	-	-	-	-
GA	45,08	0,0000	0,10	0,7547	8,23	0,0000	-	-	-	-	-	-
NA	7,95	0,0258	0,24	0,6401	-	-	-	-	-	-	-	-

F= Variância populacional ; P= Probabilidade da hipótese nula ser verdadeira ($P < 0,05$ = diferença significativa). AT = altura da pastagem; MF = massa de forragem; TX = taxa de acúmulo; PT = produção total; OT = oferta total; OF = oferta de folhas; CT =

carga total; GMD = ganho médio diário; GA = ganho por área; NA = número de animais. (-), fator inexistente ou interação excluída do modelo final por não ser significativa.
 Autora: A autora, 2023.

O período de pastejo foi iniciado quando as pastagens atingiram a média de altura de 32,2 cm. Ao decorrer do experimento, foi conquistada a redução dessa média de altura, ficando mais próximo ao desejado (20 cm), como mostra a Figura 3.

Figura 3- Variações da altura da pastagem dos quatro tratamentos ao longo de todo o experimento.



ILP N50 = sistema de integração lavoura pecuária com 50 kg N/ha; ILP N150 = sistema de integração lavoura pecuária com 150 kg N/ha; ILPF N50 = sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com 50 kg N/ha; ILPF N150 = sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com 150 kg N/ha.

Fonte: A autora, 2023

A altura do pasto foi afetada pela dose de nitrogênio e também pelos períodos experimentais (Tabela 3). A média de altura nas unidades experimentais que receberam 50 kg N/ha foi de $21,9 \pm 6,37$ cm, enquanto que no tratamento com 150 kg N/ha a altura alcançou $23,7 \pm 6,31$ cm. Interação significativa entre sistemas e períodos foi observada para a variável altura do pasto (Tabela 3), sendo as médias apresentadas na Tabela 4. Uma maior amplitude entre os valores foi observada no sistema de ILPF.

Tabela 4- Médias (\pm desvio padrão) das alturas da pastagem de *Avena strigosa* Schreb. cv. IPR 61 consorciada com *Lolium multiflorum* Lam. BRS-Ponteio, em relação a interação período x sistema.

Período	ILP (cm)	ILPF (cm)
1	29,8 \pm 3,19	33,6 \pm 3,01
2	22,4 \pm 2,06	20,8 \pm 2,16
3	18,1 \pm 1,93	17,1 \pm 1,99
4	19,8 \pm 4,05	20,0 \pm 4,03
5	23,2 \pm 6,05	27,2 \pm 4,79

1: 14/06 – 12/07; 2: 12/07 – 09/08; 3: 09/08 – 06/09; 4: 06/09 – 04/10; 5: 04/10 – 01/11.

Fonte: A autora, 2023.

Interação significativa entre sistemas e doses de N foi observada para a variável massa de forragem (Tabela 3), devido a maior amplitude constatada entre doses de N no sistema ILP. O tratamento ILP N150 (1056 \pm 175,1 kg MS/ha) foi o que se destacou para essa variável. As médias para os demais tratamentos foram: 1035 \pm 177,3 kg MS/ha no tratamento ILPF N150, 1003 \pm 173,6 kg MS/ha no ILPF N50 e 940 \pm 156,1 kg MS/ha para o ILP N50. Adicionalmente, essa variável sofreu efeito da interação período x dose de N, como mostra a Tabela 5, em razão da maior amplitude observada nas médias dos períodos das unidades experimentais que receberam 50 kg N/ha.

Tabela 5- Médias (\pm desvio padrão) da massa de forragem da pastagem de *Avena strigosa* Schreb. cv. IPR 61 consorciada com *Lolium multiflorum* Lam. BRS-Ponteio, em relação a interação período x dose N (N50 = 50 kg N/ha; N150 = 150 kg N/ha).

Período	N50 (kg MS/ha)	N150 (kg MS/ha)
1	1175 \pm 121,9	1052 \pm 114,9
2	1173 \pm 123,5	1049 \pm 116,8
3	808 \pm 61,4	785 \pm 64,7
4	917 \pm 92,3	843 \pm 76,7
5	1013 \pm 109,6	929 \pm 136,7

1: 14/06 – 12/07; 2: 12/07 – 09/08; 3: 09/08 – 06/09; 4: 06/09 – 04/10; 5: 04/10 – 01/11.

Fonte: A autora, 2023

Maior taxa de acúmulo foi observada no sistema de ILP, comparado ao sistema de ILPF (Tabela 6). A taxa de acúmulo sofreu efeito dos períodos experimentais (Tabela 2), onde foi superior no primeiro período, de 14 de junho a 12 de julho ($78,9 \pm 24,47$ kg MS/ha/dia), como pode ser observado na Tabela 7.

Diferenças significativas entre sistemas também foram observadas para a variável produção total de matéria seca, que foi 23,1% maior no sistema ILP em comparação ao ILPF (Tabela 6).

Tabela 6- Médias (\pm desvio padrão) das variáveis que sofreram efeito dos sistemas durante o experimento.

Variável	ILP	ILPF
TX (kg MS/ha/dia)	$24,3 \pm 22,08$	$23,8 \pm 17,50$
PT (kg MS/ha)	$7972,4 \pm 1900,14$	$6478,1 \pm 859,50$
CT (kg PV/ha)	$1141,5 \pm 148,34$	$867,5 \pm 85,82$
GMD (kg/animal/dia)	$0,798 \pm 0,0629$	$0,641 \pm 0,0274$
GAM (kg PV/ha)	$113,7 \pm 37,29$	$64,7 \pm 32,43$
NA	$5,4 \pm 0,89$	$4,2 \pm 0,41$

TX = taxa de acúmulo; PT = produção total; CT = carga total; GMD = ganho médio diário; GAM = ganho por área médio (28 dias); NA = número de animais; ILP = integração lavoura-pecuária; ILPF = integração lavoura-pecuária-floresta.

Fonte: A autora, 2023

Em relação ao desempenho animal, as variáveis apresentaram diferenças significativas em relação aos sistemas. No tratamento sem árvores foi observado maior ganho médio diário, maior ganho por área, maior carga total e maior número de animais (Tabela 6). Adicionalmente, com excessão do número de animais, todas as variáveis de desempenho animal sofreram efeito dos períodos experimentais (Tabela 2), logo, as médias de cada uma dessas variáveis em relação aos períodos são demonstradas na Tabela 7. As diferentes doses de nitrogênio não afetaram significativamente as variáveis de desempenho animal.

A oferta total e a oferta de folhas sofreram efeito apenas dos períodos (Tabela 2), com as médias também demonstradas na Tabela 7. O período com maior oferta total de forragem foi o quarto (6 de setembro a 4 de outubro), com $9,6 \pm 2,92$ % de oferta, enquanto a maior oferta de folhas foi observada no primeiro período ($5,5 \pm 1,51$ %).

A massa de forragem variou de $1177 \pm 87,7$ MS/ha no primeiro período (14 de junho até 12 de julho), a $797 \pm 63,6$ kg MS/ha no penúltimo (04 de outubro até 01 de novembro), período avaliado, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7- Médias (\pm desvio padrão) das variáveis que sofreram efeito dos períodos experimentais durante o experimento.

Variáveis	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5
AT (cm)	31,7 \pm 3,61 A	21,6 \pm 2,17 B	17,6 \pm 2,01 C	19,9 \pm 3,95 D	25,2 \pm 5,72 E
MF (kg/ha)	1177 \pm 87,7 A	1114 \pm 132,8 B	1111 \pm 134,6 C	797 \pm 63,6 D	880 \pm 92,1 D
TX (kg MS/ha/dia)	43,8 \pm 16,3B	24,8 \pm 20,85 A	24,8 \pm 12,12 A	9,9 \pm 7,16 A	4,8 \pm 4,12 A
OT (%)	8,5 \pm 2,22 B	5,9 \pm 2,50 A	7,9 \pm 3,43 AB	9,6 \pm 2,91 B	5,8 \pm 2,36 A
OF (%)	5,5 \pm 1,51 A	3,3 \pm 1,60 B	3,7 \pm 1,91 B	2,8 \pm 1,09 B	1,2 \pm 0,47 C
CT (PV/ha)	1555 \pm 258,6 A	1328 \pm 410,8 B	947 \pm 285,3 C	651 \pm 136,2 D	975 \pm 260,8 C
GMD (kg/animal/dia)	0,392 \pm 0,2039 A	0,653 \pm 0,1820 B	0,842 \pm 0,2302 BC	0,741 \pm 0,1820 CD	0,963 \pm 0,1685 E
GA (kg/PV/ha)	91,7 \pm 55,17 B	117,3 \pm 39,15 C	88,6 \pm 37,63 B	52,5 \pm 20,28 A	95,8 \pm 30,33 BC

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, apresentam diferença significativa ($P < 0,05$).

1: 14/06 – 12/07; 2: 12/07 – 09/08; 3: 09/08 – 06/09; 4: 06/09 – 04/10; 5: 04/10 – 01/11.

AT = altura da pastagem; MF = massa de forragem; TX = taxa de acúmulo; OT = oferta total; OF = oferta de folhas; CT = carga total; GMD = ganho médio diário; GA = ganho por área.

Fonte: A autora, 2023

A carga total variou entre 650 e 1555 kg de PV/ha (Tabela 7). Maior GMD (0,963 kg/animal/dia) foi observado no quinto período avaliado, isto é, de 04 de outubro a 01 de novembro, em contrapartida, no primeiro período obteve-se apenas 0,392 kg/animal/dia. O maior ganho por área foi observado no segundo período (12 de julho a 09 de agosto), com uma produção de 117,3 kg de PV/ha, o que corresponde a uma produção diária de 4,2 kg PV/ha. O ganho por área mais baixo foi observado no quarto período (Tabela 7).

Em 139 dias de pastejo em aveia IPR 61 consorciada com azevém BRS-Ponteio, foi possível obter um ganho de 601,5 kg de PV/ha no sistema ILP e 377,9 kg de PV/ha no sistema ILPF.

2.3.3 Medidas das árvores

Os dados obtidos nos inventários florestais, no ano de 2021, 2022 e 2023, encontram-se na Tabela 8.

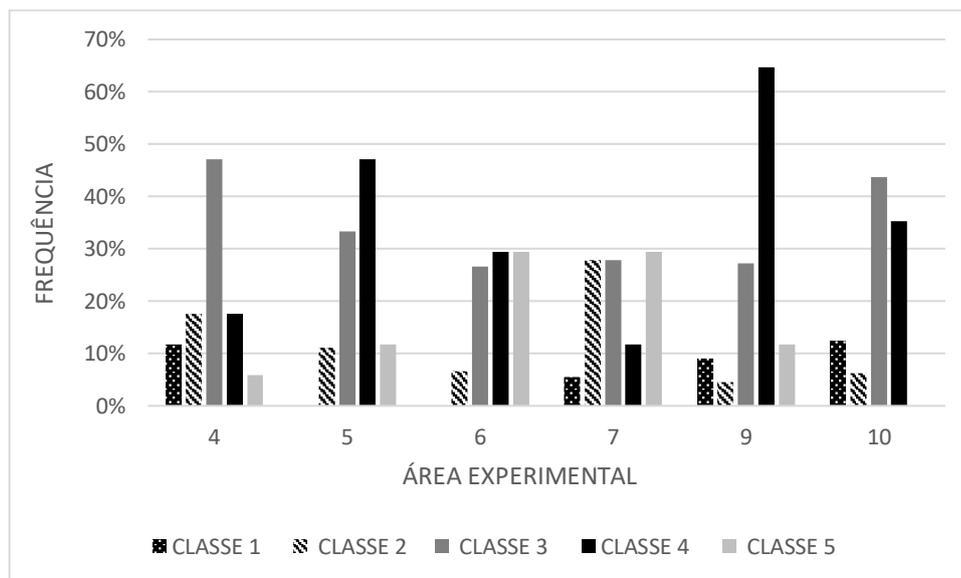
Tabela 8- Médias (\pm desvio padrão) do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total (Ht) das árvores de *Eucalyptus grandis* clone GPC 23 obtidas nos inventários florestais em set/2021, out/2022 e mai/2023.

Ano	DAP (cm)	Ht (m)
2021	9,9 \pm 1,95	6,9 \pm 1,2
2022	16,7 \pm 2,76	11,9 \pm 2,18
2023	20,4 \pm 3,00	15,4 \pm 2,38

Fonte: A autora, 2023.

Na Tabela 9, encontra-se a frequência relativa das diferentes classes de diâmetro encontradas no inventário florestal do ano de 2022.

Figura 4- Frequência relativa das classes de DAP (diâmetro na altura do peito) existentes em cada área experimental (classe 1: 9,55 – 12,1 cm; classe 2: 12,1 – 14,6 cm; classe 3: 14,7 – 17,2 cm; classe 4: 17,3 – 19,7 cm; classe 5: 19,8 – 22,3 cm).



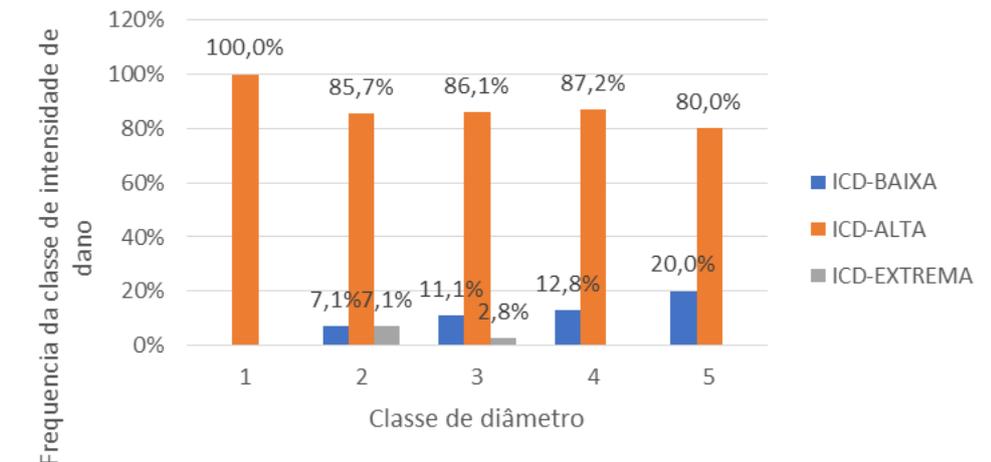
Fonte: A autora, 2023.

2.3.4 Danos no componente arbóreo

Todas as árvores sofreram pelo menos um tipo de dano, com 89,3% das árvores acumulando lesões do tipo C1 (lesão de casca sem alcançar o lenho), D1 (lesão maior que 5 cm de diâmetro) e T1 (lesão do tronco alcançando o lenho pela retirada do tecido cambial), resultando na nota de 6,5 e se classificando na classe de intensidade de dano Alta ($d3 = \text{alta}$, quando $6 < d3 < 10$), como demonstrado na Figura 7; seguida pelas classes de intensidade de dano: Baixa ($d1 = \text{baixa}$, quando $0 < d1 \leq 3$) com 7,1% das árvores danificadas (Figura 6 e 8);

Média ($d_2 = \text{m\u00e9dia}$, quando $3 < d_2 \leq 6$) em 1,8% das \u00e1rvores e, Extrema ($d_4 = \text{extrema}$, quando $d_4 = 10$) com 1,8% das \u00e1rvores danificadas. Na Figura 5 \u00e9 poss\u00edvel observar a incid\u00eancia de cada classe de dano em raz\u00e3o das diferentes classes de di\u00e2metro das \u00e1rvores.

Figura 5- Incid\u00eancia de intensidade de danos em *Eucalyptus grandis* clone GPC 23 em \u00e1rea de pastejo com novilhas de corte Purun\u00e3 em rela\u00e7\u00e3o as classes de DAP (di\u00e2metro na altura do peito) (classe 1: 9,55 – 12,1 cm; classe 2: 12,1 – 14,6 cm; classe 3: 14,7 – 17,2 cm; classe 4: 17,3 – 19,7 cm; classe 5: 19,8 – 22,3 cm).



Fonte: A autora, 2023

O efeito da classe de DAP na soma das notas dos danos de cada indiv\u00edduo foi significativo apenas a 10% ($P = 0.0509$), sendo que as notas variaram entre 7.6 (classe 2) e 6.1 (classe 5). No entanto, O DAP das \u00e1rvores avaliadas apresentou rela\u00e7\u00e3o linear significativa com a incid\u00eancia de danos da classe de intensidade Alta em 100% das \u00e1rvores de classe diam\u00e9trica 1, as mais finas, e com a incid\u00eancia de danos da classe de intensidade Baixa crescente nas demais classes diam\u00e9tricas, atingindo 20% nas \u00e1rvores de classe diam\u00e9trica 5, as \u00e1rvores mais grossas.

Para averiguar se ocorreu impacto dos danos causados pelos bovinos no desenvolvimento das \u00e1rvores, o invent\u00e1rio florestal foi repetido em 16 de maio de 2023, 174 dias ap\u00f3s a avalia\u00e7\u00e3o de danos. Em rela\u00e7\u00e3o aos valores m\u00e9dios de DAP e Ht do segundo invent\u00e1rio (outubro de 2022), as \u00e1rvores da classe diam\u00e9trica 1 apresentaram desenvolvimento de 77,5% e 82%, respectivamente. J\u00e1 as \u00e1rvores que foram inclusas na classe de di\u00e2metro 2, cresceram 52% em DAP e 57% na Ht. As \u00e1rvores da classe de di\u00e2metro 3 apresentaram desenvolvimento de 28,1% em DAP e 33,6% na Ht. As \u00e1rvores da classe 4 apresentaram desenvolvimento de 10,9% para DAP e 15,9% para Ht enquanto as \u00e1rvores da classe 5 cresceram apenas 2,5% em rela\u00e7\u00e3o ao DAP e 10,2% na Ht (Tabela 9).

Tabela 9- Médias (\pm desvio padrão) das medidas de diâmetro e altura das árvores, das diferentes classes de diâmetro, no ano de 2022 e 2023.

Classe de diâmetro	out/2022		mai/2023	
	DAP (cm)	Ht (m)	DAP (cm)	Ht (m)
1	10,7 \pm 0,77	8,5 \pm 2,21	19,0 \pm 5,77	15,5 \pm 4,29
2	13,3 \pm 0,91	9,7 \pm 1,05	20,3 \pm 3,38	15,3 \pm 3,98
3	15,9 \pm 1,28	11,6 \pm 1,91	20,4 \pm 4,83	15,5 \pm 3,76
4	18,4 \pm 0,79	13,2 \pm 1,52	20,4 \pm 4,25	15,3 \pm 3,87
5	21,1 \pm 0,75	13,6 \pm 1,29	21,7 \pm 4,43	15,0 \pm 3,60

1= 9,55 – 12,09 cm; 2= 12,09 – 14,64 cm; 3= 14,64 – 17,10 cm; 4= 17,19 – 19,74 cm; 5= 19,74 – 22,29 cm.
Fonte: A autora, 2023

Apesar da alta intensidade e severidade de danos observados, as árvores de *Eucalyptus grandis* clone GPC 23 apresentaram incremento médio anual (IMA), ou seja, DAP médio de 2023 dividido pelo tempo decorrido desde o plantio, de 5,7 cm em 3,5 anos.

2.4 DISCUSSÃO

2.4.1. Produção de pasto e desempenho animal ao longo do tempo

No primeiro período avaliado foi possível notar maior altura de pasto, pelo motivo de ainda estar sendo realizado o ajuste em função do pastejo, o que também resultou em maior taxa de acúmulo nesse período. Posteriormente, nos demais períodos, foram conquistadas alturas próximas a 20 cm. Bernardino et al. (2011) afirmaram que o aumento da produção diária de matéria seca eleva a capacidade de suporte dos pastos, refletindo em uma maior taxa de lotação, logo, como no presente estudo o quarto período apresentou menor massa de forragem, sendo a carga animal reduzida, resultou na maior altura de pastagem no quinto período (25,2 cm), além da maior altura ter sido influenciada pelo alto índice de precipitação nesse período (Tabela 1).

Apesar da maior altura, o período 5 apresentou menor oferta de forragem, no entanto, a variação na oferta de forragem não afetou os valores de GMD, já que nesse mesmo período foi obtido o maior GMD. De acordo com Barbosa et al. (2006), a produtividade animal pode ser efetivada de acordo com a elevação da oferta de forragem, porém, o aumento contínuo da oferta

pode resultar em redução de ganho de peso dos animais em razão da queda da qualidade forrageira, que acumula tecidos lignificados e senescentes. O GMD superior no quinto período pode também estar relacionado a precipitação e temperatura favoráveis nos meses de setembro e outubro, com índice de precipitação superior à média histórica (Tabela 2), caracterizando um bom inverno para produção agropecuária e permitindo melhor desenvolvimento da pastagem. Além desse GMD ser influenciado pela maior participação do azevém, em razão do seu longo ciclo (CARVALHO et al., 2010), melhorando o balanço de fibras entre as duas forrageiras. Foram observadas maiores variações na altura da pastagem no sistema ILPF ao longo do tempo, refletindo uma maior dificuldade de manutenção da altura pretendida neste sistema.

Na Tabela 7 é possível notar que o GMD variou ao longo do tempo. No primeiro período experimental o GMD foi bem inferior quando comparado aos demais (0,392 kg/animal/dia), juntamente com a maior oferta de forragem observada (5,5%). Conforme Silva et al. (1994), quando a oferta de forragem é muito alta, a estrutura da pastagem e a digestibilidade da matéria seca são prejudicadas. A entrada dos animais na área foi atrasada por motivos de mão de obra, e com isso, o acúmulo diário de forragem pode ter gerado perda por senescência e morte de folhas e perfilhos, além de resultar em uma estrutura de pastagem incompatível com o comportamento ingestivo mais eficiente dos animais, obrigando-os a realizarem o pastejo seletivo para consumir porções nutritivas do pasto, porém, essa ação pode comprometer o consumo diário de forragem (BURNS et al., 1991; GOMIDE; GOMIDE, 2001). Carvalho et al. (2016), afirmaram que a estrutura inicial, que corresponde ao tempo zero, é determinada pelo tempo de descanso da pastagem, ressaltando que o pastejo deve ser iniciado antes do acúmulo de biomassa para melhor efetividade do sistema. Além disso, mesmo no início do estabelecimento da pastagem as características nutricionais serem ótimas para novilhas, o teor de matéria seca é baixo, ou seja, a quantidade de água presente na planta pode ter limitado o consumo dos animais em razão da sua capacidade ruminal (RESTLE et al., 2000).

2.4.2. Efeito da presença das árvores e doses de N na produção do pasto e desempenho animal

A altura da pastagem foi superior nas áreas experimentais que receberam 150 kg N/ha, e a massa de forragem aumentou conforme o incremento da altura da planta, o que mostra a eficácia do manejo do consórcio de aveia e azevém através da altura da pastagem, já que esta refletiu na massa de forragem (KUNRATH et al., 2014). Esses dados corroboram com os resultados de Bernardino et al. (2011), que observaram que independentemente da oferta de forragem, as maiores doses de adubação nitrogenada resultam em produções de matéria seca

superiores, evidenciando que o suprimento de nitrogênio presente no solo não é suficiente para suprir a demanda das gramíneas. Mesmo recebendo uma dosagem menor, nas áreas experimentais onde foram administrados 50 kg N/ha também foi mantida a altura desejada, com média de 21,9 cm, porém, para isso, a carga animal teve que ser reduzida em alguns momentos a fim de permitir o desenvolvimento da pastagem. Segundo Carvalho et al. (2011), quando o pasto é mantido em alturas próximas a 20 cm, é conquistada maior área foliar e, conseqüentemente, o aumento da interceptação solar, resultando em maiores produções de forragem e taxa de acúmulo.

A produção total de forragem foi superior no sistema ILP ($7972,4 \pm 1900,14$ MS/ha) em relação ao ILPF ($6478,1 \pm 859,50$), mesmo em certos períodos a média de altura do pasto no sistema ILPF superando a média do ILP, isso porque as plantas estabelecidas em locais sombreados alongam suas folhas de forma acelerada, atingindo a altura pretendida rapidamente, porém, possuem menor quantidade de perfilhos quando comparadas as plantas que crescem em pleno sol (BELESKY et al., 2011). Esse resultado mostra que a maior disponibilidade de nitrogênio não superou o efeito negativo do sombreamento. Segundo Lin et al. (1999), as gramíneas C_3 conseguem atingir uma boa produtividade com 50% da luz solar. No presente estudo, mesmo com dose superior de nitrogênio, foram observadas diferenças importantes entre os sistemas, mostrando que em casos de porcentagem de sombreamento de até 39% em relação a área de pleno sol (Tabela 2), o crescimento da pastagem é afetado de forma significativa, concordando com os resultados obtidos na mesma área em um estudo realizado anteriormente por Pontes et al. (2018).

Em razão da maior produção de forragem, foi possível manter uma maior carga no sistema ILP ($1141,5 \pm 148,34$ kg PV/ha) em relação ao ILPF ($867,5 \pm 85,82$), evitando o subpastejo ou superpastejo, assim como também foi atingido GMD 24,5% superior ao obtido no ILPF, e ganho por área 75,7% maior (Tabela 6). De acordo com Porfirio-da-Silva et al. (2012), nos primeiros anos de desenvolvimento das árvores, não são observadas diferenças significativas no desempenho animal em relação as áreas de pleno sol, porém, quando as copas das árvores fecham, a produção forrageira e animal pode ser afetada. No estudo de Pontes et al. (2018), realizado na mesma área experimental, foi notado que as árvores de 6 a 8 anos de idade influenciaram a redução do ganho de peso de novilhas de corte. No presente estudo, mesmo as árvores estando com idade de apenas 3 anos, já foram capazes de interferir na produção forrageira e conseqüentemente no desempenho animal. Em outro trabalho realizado por Santos et al. (2019), apesar de o sombreamento ter afetado a massa de forragem e a taxa de lotação, o ganho por área não sofreu efeito negativo. Segundo Lopes et al. (2016), as árvores protegem os

animais do estresse calórico, dos ventos e extremos de temperatura, potencializando o desempenho animal, o que pode minimizar os efeitos da menor produção de forragem.

Em um estudo realizado por Lupatini et al. (2013), os autores ressaltaram que a taxa de lotação e o ganho por área de bezerros de corte aumentaram expressivamente em pastagem de aveia preta e azevém frente ao aumento das doses de nitrogênio, obtendo melhor resultado com adubação de 150 kg de N/ha. Esses resultados diferem dos obtidos no presente trabalho, já que mesmo afetando algumas variáveis da pastagem, as diferentes doses de nitrogênio não influenciaram as variáveis de desempenho animal.

O GMD foi compatível com a oferta de forragem, já que ambas variáveis não atingiram os valores esperados, ficando abaixo do que alguns autores já relataram. Sbrissia et al. (2017) afirmaram que pastagens de clima temperado, incluindo a aveia preta e azevém, permitem GMD superior a 1,0 kg. Porém, Bandinelli et al. (2005), com consórcio de aveia preta e azevém, alcançou GMD de 0,91 kg, próximo do obtido no quinto período do presente estudo (Tabela 7). Correio et al. (2017) observaram em seu estudo, também com pastagem de inverno, que o maior GMD alcançado foi de 0,78 kg. Os animais procuram pela parte mais qualitativa das plantas a fim de efetivarem sua ingestão, porém, uma vez que a oferta de forragem é limitante, esses passam a minimizar seu tempo de pastejo e acabam reduzindo a ingestão de nutrientes, o que afeta seu desempenho produtivo (ORR, 2004; SBRISSIA et al., 2017).

Em termos de produção animal total, o pastejo com aveia preta e azevém proporcionou uma boa produção por área, uma vez que o ganho/ha médio foi de 489,7 kg/PV/ha, semelhante ao ganho por área conquistado por Kunrath et al. (2014), que relatou ganhos de até 450 kg/PV/ha em 120 dias de pastejo. Esses resultados são superiores aos de Correio et al. (2017), que conquistaram, em 123 dias de pastejo, 295,5 kg/PV/ha e de Delfeid (2018), que observou ganho por área de 262,2 kg/PV/ha. O ganho por área é consequência do GMD e carga animal (CARVALHO et al., 2005; MARTINS et al., 2015), portanto, o GMD baixo foi compensado pela carga animal, resultando em uma produção por área satisfatória. Outro fato que pode estar relacionado a esse resultado é que em gramíneas de clima temperado, o desempenho animal individual é pouco afetado pela adubação nitrogenada em casos de baixa produção de massa de forragem, no entanto, a taxa de lotação e o ganho por área são efetivados até certo limite (LUPATINI et al., 2013), o que pode justificar a produção total em relação aos tratamentos, uma vez que o melhor ganho por área foi expresso no ILP 50 kg N/ha (603,9 kg/PV/ha), enquanto a menor produção por área foi notada no ILPF 150 kg N/ha (375,7 kg/PV/ha). Mesmo assim, o menor ganho por área encontrado nesse estudo ainda supera outros relatados na

literatura (CORREIO et al., 2017; DELFEID, 2018). O extenso período de pastejo (139 dias) também contribuiu para um maior ganho por área em comparação com outros trabalhos.

Apesar de a maior dose de adubação nitrogenada não gerar efeito significativo em nenhuma das variáveis de desempenho animal, a dose de 150 kg N/ha pode ser compensada posteriormente, pela ciclagem de nutrientes na futura produção de grãos. A ciclagem de nutrientes é acelerada em razão da presença do componente animal em pastejo, disponibilizando nutrientes para a cultura sucessora (ASSMANN et al., 2018), sendo bastante efetivo quando a cultura sucessora a ser inserida na área é o milho, já que essa é bastante exigente em N. De acordo com Assmann (2001) e Sandini et al. (2011), quando utilizada uma correta adubação nitrogenada na pastagem de inverno, pode-se dispensar o gasto com esse insumo na cultura sucessora. Ainda, Moraes et al. (2018) ressaltaram que a ciclagem de nutrientes é eficaz quando acontece da pastagem de inverno para a cultura de verão, e não ao contrário, pois na fase de lavoura a maior parte do nitrogênio é levada pelos grãos, enquanto na fase animal os níveis de exportação desse nutriente são baixos.

2.4.3 Impacto dos animais nas árvores

Todas as árvores do experimento sofreram danos causados pelos animais, mesmo o pastejo tendo iniciado quando as árvores já estavam com 9,9 cm de DAP, em média. Os animais consomem cascas de árvores devido sua necessidade de balanceamento de dieta em relação a minerais, proteína ou açúcares, sendo que a atração dos animais varia de acordo com a espécie do componente arbóreo (BAXTER; HANSSON, 2001). Esses danos evoluem, pois, uma vez que há exposição da seiva elaborada, que ocorre no local acometido pelo animal, ocorre a atração de novos ataques a árvore (SILVA et al., 2017).

A maioria das árvores apresentaram lesão maior que 5 cm de diâmetro, lesão do tronco alcançando o lenho pela retirada do tecido cambial e lesão de casca, resultando na nota de 6,5 e se classificando na classe de intensidade de danos alta. O que difere do resultado encontrado por Silva et al. (2017), que em seus estudos com Mogno-africano, eucalipto e paricá, observaram menor incidência da retirada do tecido cambial nas árvores. Esse fato pode estar associado a espécie arbórea, devido as diferentes características das cascas das árvores, podendo esta ser removida mais facilmente na espécie de *Eucalyptus grandis*, sendo danificadas pelos animais repetidamente (GILL, 1992; FOELKEL, 2005).

Foelkel (2005) também relatou que as árvores que apresentam danos incluindo a remoção da casca e retirada do tecido cambial, são afetadas em relação ao seu desenvolvimento,

pois sua casca possui grande quantidade de nutrientes necessários à planta para proteção da seiva e floema, que pode gerar a morte de células por desnutrição e, conseqüentemente, a morte das raízes da árvore (LI et al., 2003). Apesar de no presente estudo 89,3% das árvores sofrerem danos em intensidade classificada como alta, o crescimento médio de todas as árvores foi 28% em diâmetro e 38% em altura, em relação ao inventário realizado anteriormente (outubro de 2022), e as árvores de diâmetro menor (classe 1 a 3) apresentaram maior crescimento (Tabela 8). Esse desenvolvimento pode estar atribuído a capacidade da espécie utilizada em substituir, de forma rápida, o floema interrompido por estruturas de transporte através de células parenquimáticas na madeira (NICODEMO; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2018).

Apesar de apresentarem incremento em DAP e Ht, Porfírio-da-Silva et al. (2012) afirmam que as lesões profundas de cascas geram brotações de gemas epicórmicas abaixo da região danificada, reduzindo o valor da madeira, que provavelmente não será mais destinada a serraria. Vospernik (2006) afirmou que a atratividade dos animais pelas árvores tem relação com o processo de formação da casca da espécie arbórea, por exemplo, espécies que apresentam espessamento mais lento da casca, demoram para atingir uma espessura grossa, sendo danificadas com mais facilidade e por um maior período. Adicionalmente existe o fator de adesão da casca, uma vez que existem espécies arbóreas onde a casca se desprende facilmente do tronco, como observado no presente estudo.

Como no presente estudo foi ofertado sal mineral para os animais periodicamente, é desvalorizada a hipótese de depravação de apetite em razão da deficiência mineral (MCDOWELL, 1996), no entanto, autores afirmaram que a baixa oferta de matéria seca (valores inferiores a 1000-900 kg/ha) pode resultar na remoção da casca do componente arbóreo pelos animais (EUCLIDES; EUCLIDES FILHO, 1998; (NICODEMO; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2018) e, como pode ser visualizado na Tabela 7, nos últimos dois períodos do experimento a massa de forragem não atingiu esse valor mínimo, mas esse motivo parece improvável pois o maior GMD foi obtido no sistema ILP, onde não tinha o componente arbóreo.

De acordo com Mezzalira et al. (2014), as gramíneas de clima temperado apresentam maiores teores de proteína bruta e menores teores de fibra em razão da menor quantidade de componentes estruturais, o que pode ter influenciado os animais a danificarem as árvores em busca de fibras. As fibras são essenciais aos ruminantes pois estimulam a mastigação e auxiliam no controle do pH ruminal, afetando a motilidade do rúmen (NICODEMO; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2018). Malafaia et al. (2011) relataram danos nas árvores por bezerros leiteiros que estavam recebendo silagem, concentrado e mineral, e, quando fornecida cana-de-açúcar a esses animais, eles interromperam a ingestão de casca das árvores. Esses dados levam a hipótese de

que seja necessária a suplementação de fibra no início da fase de pastejo, como a oferta de feno aos animais. Efeitos combinados da palatabilidade, espessura da casca do *Eucalyptus grandis* clone GPC 23, juntamente com a forragem de baixo conteúdo de MS e baixa oferta de fibra aos animais, podem ter levado aos danos observados (NICODEMO; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2018).

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema ILPF apresentou menor produção de forragem e taxa de acúmulo, provavelmente em razão do sombreamento e/ou competição com as árvores por água e nutrientes, evidenciando que doses superiores da adubação nitrogenada não foram capazes de contornar o efeito negativo das árvores. O consórcio de aveia e azevém apresentou desenvolvimento comprometido em situações com 35,4% de sombreamento, em média. Adicionalmente, as diferentes doses de nitrogênio não afetaram o desempenho animal, porém, uma futura avaliação da cultura sucessora é necessária para verificar se a ciclagem de nitrogênio será capaz de compensar o gasto com esse insumo na fase de pastagem.

Devido à magnitude dos danos cometidos pelas novilhas Purunã, nas árvores de *Eucalyptus grandis* clone GPC 23 nas condições do presente estudo, novos experimentos devem ser implementados para avaliar se a oferta adicional de fibra na dieta (feno, por exemplo) poderá impedir ou minimizar a intensidade de dano na casca das árvores, uma vez que a pastagem de aveia e azevém no sistema silvipastoril ainda apresenta baixo conteúdo de matéria seca e baixa oferta de fibra para a dieta de animais que estão saindo de pastagem perenes de verão. Também são interessantes novos estudos para determinar teores de polissacarídeos, substâncias pécicas, fenólicas, como lignina e taninos, e poliésteres, como suberina e cutina, nas árvores. A presença e a quantidade desses compostos podem desenvolver reações pós-ingestão positivas reforçando o aprendizado dos animais para o consumo de casca das árvores.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, P.F. **Produção, qualidade e decomposição de papuã sob intensidades de pastejo e níveis de nitrogênio**. 2009. 98 f. (Dissertação de Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2009.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, p. 711–728, 2013.
- ALVES, F. V.; NICODEMO, M. L. F.; SILVA, V. P. da. **Bem-estar animal em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. p.273-289, Brasília, DF: Embrapa, 2015.
- ASSMANN, A. L. et al. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Rev. Bras. Zoot.** P. 33:37. 2004.
- ASSMANN, T. S. **Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio**. 2001. 63 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- ASSMANN, T. S. et al. Adubação de sistemas e ciclagem de nutrientes em sistemas integrados de produção agropecuária. In: SOUZA, E. D.; SILVA, F. D.; ASSMANN, T. S.; CARNEIRO, M. A. C.; CARVALHO, P. C. F.; PAULINO, H. B. (Ed.). **Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil**. Tubarão: Copiart, 2018. 692 p.
- ASSMANN, T.S. et al. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo-branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.4, p.675-683, 2003.
- BANDINELLI, D. G.; DE QUADROS, F. L. F.; MAXIMER, A. Desempenho animal em pasto de aveia e azevém com distintas biomassas de lâminas foliares. **Pesq. Agropec. Bras.** V. 40, p.1231. 2005.
- BARBOSA, M. A. A. F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CECATO, U. Dinâmica da pastagem e desempenho de novilhos em pastagem de capim-tanzânia sob diferentes ofertas de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1594-1600, 2006.
- BASTIN, J. F. et al. The global tree restoration potential. **Science**, v. 365, n. 6448, p.76– 79, 2019.
- BAXTER, R.; HANSSON, L. Bark consumption by small rodents in the northern and southern hemispheres. **Mammal Review**, v. 31, n. 1, p. 47-59, 2001.
- BELESKY, D. P.; BURNER, D. M.; RUCLEKE, J. M. Produção de leme em pé de galo (*Dactylis glomerata*) e festuca alta (*Festuca arundinacea*) crescendo ao longo de um gradiente leve. **Grass Forage Sci**, v. 66, p. 370-380. 2011.
- BERNARDINO, F. S. et al. Produção de forragem e desempenho de novilhos de corte em um sistema silvipastoril: efeito de doses de nitrogênio e oferta de forragem. **R. Bras. Zootec.**, v.40, n.7, p.1412-1419, 2011.

BURNS, J. C., POND, K. R., FISHER, D. S. Effects of grass species on grazing steers: II. Dry matter intake and digest kinetics. **J. Anim. Sci.**, v. 69, p. 1199-1204, 1991.

CANTO, M. W. et al. Produção animal em pastagens de aveia (*Avena strigosa* Schreb) adubada com nitrogênio ou em mistura com ervilhaca (*Vicia sativa* L.). **Rev. Bras. Zoot.**, v. 26, p. 396. 1997.

CARVALHO, P. C. F. et al. **Integração soja-bovinos de corte no Sul do Brasil**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. 60p.

CARVALHO, P. C. F. et al. Característica produtiva e estrutural de pastos mistos de aveia e azevém manejados em quatro alturas sob lotação contínua. **Rev. Bras. Zootec.**, v.39, p.1857-1865, 2010.

CARVALHO, P. C. F. et al. **Como a estrutura do pasto influencia o animal em pastejo? Exemplificando as interações planta-animal sob as bases e fundamentos do Pastoreio “Rotatínuo”**. VIII SIMFOR – Simpósio sobre Manejo estratégico da pastagem. Viçosa, MG. 2016.

CARVALHO, P. C. F. et al. **A estrutura do pasto como conceito de manejo: reflexos sobre o consumo e a produtividade**. In: REIS, R.A.; SIQUEIRA, G. R.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; OLIVEIRA, A. P.; MELO, G. M. P.; BERNARDES. T. F. (Org.). II Simpósio de Volumosos na Produção de Ruminantes. Anais...1 ed. Jaboticabal - SP: FUNEP, 2005, p. 107-124.

CORREIO, G. S. D. et al. Desempenho de um sistema integrado de produção agropecuária sobrepastagem de inverno. **Revista Científica Rural**, v. 19, n. 2, p. 161-173, 2017.

DELFEID, Felipe Luiz Chiamulera. **Produção animal e de grãos em sistema integrado de produção agropecuária**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. Pato Branco, 2018.

EASON, W. R.; GILL, E. K.; ROBERTS, J. E. Evaluation of anti-sheep tree-stemprotection products in silvopastoral agroforestry. **Agroforestry Systems**, v. 34, n. 3, p. 259-264, 1996.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Qualidade da carne, do campo à mesa: Pastagens**. Brasília, DF. 2015.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ) Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. Brasília, Embrapa Produção de Informação, 306 p. 2006.

EUCLIDE, V. P. B.; EUCLIDES FILHO, K. **Uso de animais na avaliação de forrageiras**. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande. 1998.

FERRAZZA, J. M. **Antecipação da adubação potássica da soja aplicada na pastagem hibernal em sistemas integrados de produção agropecuária**. 2016. 92 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2016.

FOELKEL, Celso. **Casca da árvore do eucalipto: Aspectos morfológicos, fisiológicos, florestais, ecológicos e industriais, visando a produção de celulose e papel**. Eucalyptus online book e newsletter. 2005.

GILL, R. M. A. A review of damage by mammals in North Temperate Forests: 1.Deer. **Forestry. Int J For Res**, v. 65, p. 145–169. 1992.

GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. M. **Utilização e manejo de pastagens**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PEVS - Produção da Extração Vegetal e Silvicultura**. Rio de Janeiro: Diretoria de Pesquisas, IBGE, 2020.

IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways. **IPCC**, 2018.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B.; ZIMMER, A. H. **Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária**. In: SIMPOSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 1999. p. 201-234.

KUNRATH T. B. et al. Management targets for continuously stocked mixed oat x annual ryegrass pasture in a no-till integrated crop-livestock system. **Eur J Agron**, v. 57, p. 71-76, 2014.

LI, C. Y., WEISS, D.; GOLDSCHMIDT, E. E. **Girdling affects carbohydrate-related gene expression in leaves, bark and roots of alternate-bearing citrus trees**. *Annals of Botany*, v. 92, n. 1, p. 137-143, 2003.

LIN, C. H. et al. Shade effects em colheitas de forragem com potencial em práticas agroflorestais temperadas. **Agrofor. Syst.**, v. 44, p. 109-119. 1999.

LOPES, L. B. et al. The influence of trees on the thermal environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest. **Trop. Anim. Health Prod.** v. 48, p. 755-761. 2016.

LUPATINI, G. C. et al. Produção de bovinos de corte em pastagem de aveia preta e azevem submetida a adubação nitrogenada. **Ci. Anim. Bras.**, Goiânia, v.14, n.2, p. 164-171, 2013.

MALAFAIA, P. et al. Distúrbios comportamental em ruminantes não associados a doenças: origem, significado e importância. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, p. 781-790, 2011.

MAPBIOMAS: BRASIL. **Pastagens brasileiras ocupam área equivalente a todo o estado do Amazonas**. 2021.

MARTINS, A. P. et al. **Integração soja-bovinos de corte no Sul do Brasil**. 2ªEd. Porto Alegre: Grupo de Pesquisa em Sistema Integrado de Produção Agropecuária. 102p. 2015.

MCDOWELL, L. R. Feeding minerals to cattle on pasture. **Anim Feed Sci Technol**, v. 60, p. 247-271. 1996.

MEZZALIRA, J. C. et al. Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. **Appl. Anim. Behav. Sci.** 153:1. 2014.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; PELISSARI, A.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C.; LANG, C. R.; ASSMANN, T. S.; DEISS, L.; NUNES, P. A. A. **Sistemas integrados de produção agropecuária: conceitos básicos e histórico no Brasil**. In: SOUZA, E. D.; SILVA, F. D.; ASSMANN, T. S.; CARNEIRO, M. A. C.; CARVALHO, P. C. F.; PAULINO, H. B. (Ed.). *Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil*. Tubarão: Copiart, 2018, 692 p.

MORAES, A.; MOOJEN, E. L.; MARASCHIN, G. E. **Comparação de métodos de taxas de crescimento em uma pastagem submetida a diferentes pressões de pastejo**. In: REUNIÃO

ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. Anais...
Campinas: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1990. p.332.

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, State College. Proceedings. State College: Pennsylvania State College Press, 1952, p.1380-1385.

NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. F.; SOARES, A. B. **Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem.** *Ciência Rural*, v. 35 n.5, 2005.

NICOMEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Bark stripping by cattle in silvopastoral systems.** Springer Science+Business Media B.V., part of Springer Nature. 2018.

OLIVEIRA, E. B. DE; PINTO JUNIOR, J. E. **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento.** Embrapa Florestas, 2021.

ORR, R. J. et al. Changes in ingestive behaviour of yearling dairy heifers due to changes in sward state during grazing down of rotationally stocked ryegrass or white clover pastures. **Appl. Anim. Behav. Sci.** V. 87, p. 205. 2004.

PALUDZYSYN FILHO, E.; DOS SANTOS, P. E. T. **Considerações Sobre o Plantio de *Eucalyptus dunnii* no Estado do Paraná.** Comunicado técnico 141. Embrapa, Colombo, Parná. 2005.

PEDREIRA, B. C. et al. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.** In: PEDREIRA, B. C.; PEREIRA, D. H.; PINA, D. dos S.; CARNEVALLI, R. A.; LOPES, L. B. (Ed.). Intensificação da produção animal em pastagens. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 259-294.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. et al. Danos causados por bovinos em diferentes espécies arbóreas recomendadas para sistemas silvipastoris. **Pesq. Flor. Bras.** V. 32 (70), p. 67-76, 2012.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. et al. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo.** Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 48 p.

SANDINI, I. E. et al. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1315-1322, 2011.

SANTOS, Juliana Mara de Freitas. **Desempenho produtivo e comportamento ingestivo de novilhas angus x nelore em sistemas integrados de produção agropecuária.** Dissertação (mestrado), Universidade Estadual Paulista (Unesp)Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. 2019.

SBRISSIA, A. F. et al. Produção animal em pastagens cultivadas em regiões de clima temperado da América Latina. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal.** V. 25(1-2), 2017.

SBRISSIA, A. F. et al. Produção animal em pastagens cultivadas em regiões de clima temperado da América Latina America. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 25, p. 47–60, 2017.

SILVA, A. R. et al. **Incidência de Danos em Espécies Florestais Causados por Bovinos em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 122. Embrapa Amazônia Oriental. Belém, Pará. 2017.

VOSPERNIK, S. Probability of bark stripping damage by red deer (*Cervus elaphus*) in Austria. **Silva Fennica**, v. 40, p. 589–601. 2006.

ZILLOTTO, M. R.; SILVEIRA, C.; CAMARGO, M. E.; DA MOTTA, M. E. V.; FILHO, W. P. **Comparação do Custo de Produção de Bovinocultura de Corte: Pasto versus Confinamento**. v. 7, p. 1–12, 2010.

ANEXOS A- FIGURAS DOS TIPOS DE DANOS NAS ÁRVORES DE *EUCALYPTUS GRANDIS* CLONE GPC 23

Figura 6- Árvore de *Eucalyptus grandis* Clone GPC 23 apresentando danos dos tipos CI (lesão de casca, sem alcançar o tecido cambial) e D1 (lesão maior do que 5 cm) que juntos soma nota de 2,5, classificando a árvore na classe de intensidade de dano Baixa ($d1 = \text{baixa}$, quando $0 < d1 \leq 3$).



Fonte: A autora, 2022

Figura 7- Árvore de *Eucalyptus grandis* Clone GPC 23 apresentando danos do tipo TL (lesão do tronco alcançando o lenho pela retirada do tecido cambial), D1 (lesão maior que 5 cm) E CI (lesão da casca sem alcançar o câmbio), somando a nota de nota 6,5 e classificando a árvore na classe de intensidade de dano Alta ($d3 = \text{alta}$, quando $6 < d3 < 10$).



Fonte: A autora, 2022

Figura 8- Árvore de *Eucalyptus grandis* Clone GPC 23 com os danos CI (lesão de casca sem alcançar o câmbio) e D1 (lesão maior que 5 cm), que juntos somam a nota de 2,5, classificando a árvore na classe de intensidade de dano Baixa ($d1 = \text{baixa}$, quando $0 < d1 \leq 3$).



Fonte: A autora, 2022

3 IMPACTO DAS ÁRVORES E DE DOSES DE NITROGÊNIO NA LUCRATIVIDADE DA PRODUÇÃO DE GRÃOS VERSUS PRODUÇÃO ANIMAL DURANTE O INVERNO EM SISTEMAS INTEGRADOS

3.1 INTRODUÇÃO

Apesar de o Brasil contar com aproximadamente 260 milhões de hectares de pastagem, utilizados principalmente para a bovinocultura, cerca de 50 a 70% dos pastos se encontram em algum estágio de degradação (TRIVELIN, 2018), o que compromete a segurança alimentar, pois diminui a eficiência produtiva dos animais, além de afetar o meio ambiente pelas emissões de gases de efeito estufa (MICHALK et al., 2019).

Para ter um melhor retorno econômico é essencial o uso adequado das pastagens, pois seus custos de estabelecimento e adubação são altos (RESTLE et al., 1998). É necessário um alto investimento para recuperar pastagens degradadas, portanto, tem-se buscado alternativas mais viáveis para reduzir os custos de recuperação dessas pastagens. Frente a isso, a implementação dos sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) tem se mostrado uma alternativa viável para tornar a produção mais sustentável, tanto economicamente quanto ecologicamente (BERNARDI et al., 2007; MORAES et al., 2018). Isso é possível pois a introdução dos componentes agrícolas e arbóreos resulta na ciclagem de nutrientes e reestruturação do solo, melhorando a produtividade agrícola e animal com menores custos com insumos (NIE et al., 2016; CARVALHO et al., 2018; COSTA et al., 2018).

Essa técnica de produção ganha destaque na região Sul do Brasil, onde a maioria das áreas destinadas a lavoura no verão, não são cultivadas durante o inverno (MORAES et al., 2014) e acabam sendo destinadas a cobertura do solo ou pousio. No subtropical brasileiro, a principal espécie hibernal é o trigo, porém, essa cultura pode gerar problemas relacionados a safras frustradas em decorrência das possíveis adversidades climáticas, podendo não ser produtiva em toda a área cultivada, em casos de condições climáticas não favoráveis. Como cobertura do solo, é bastante utilizada a aveia (*Avena* spp.) em razão da sua maior rusticidade e melhor preenchimento das áreas no período de inverno, podendo também ser cultivada outras culturas para esse propósito, como a cevada (*Hordeum vulgare* L.), centeio (*Secale cereale* L.), triticale (*Triticosecale Wittmack*) e canola (*Brassica napus* L.) (SILVEIRA et al., 2020).

Mesmo a região subtropical brasileira tendo condições climáticas que dificultam a atividade agrícola no período de inverno, tal clima permite a produção de alta qualidade de forrageiras como a aveia e azevém, com isso a produção animal a pasto beneficia-se dos SIPA

frente a possibilidade de produção de forrageira de inverno e entressafra em áreas agrícolas (OLIVEIRA, 2000), oferecendo menores riscos relacionados a condição climática, tornando-se uma alternativa viável para as áreas que permanecem improdutivas nessa época. Em um estudo realizado por Pontes et al. (2021), que avaliou a rentabilidade a longo prazo dos sistemas integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta, os autores observaram que a partir do momento em que os sistemas integraram a produção animal a pasto na estação de inverno, o sistema integração lavoura-pecuária sempre foi lucrativo.

Apesar da maior segurança em relação a produtividade e, conseqüentemente, rentabilidade da produção animal a pasto durante o inverno, nos primeiros anos de implantação dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta os animais podem prejudicar o desenvolvimento das árvores em razão dos danos que eles podem cometer a elas, como remoção da casca e quebra de galhos, ramos e até mesmo troncos (FIKE et al., 2004), sendo necessária a adoção de técnicas que evitem os danos dos animais ao componente arbóreo, como cercas envolvendo-as, ou o cultivo de culturas para cobertura do solo ou produção de grãos durante o inverno até que as árvores atinjam o tamanho ideal que garante menor susceptibilidade a ação animal, sendo necessário pelo menos 6 a 8 cm de diâmetro à altura do peito (REIS et al., 2007; GUERREIRO et al., 2015).

Mesmo tornando as áreas mais produtivas no inverno e apresentando aumento crescente nos últimos anos, os SIPA ainda não são amplamente adotados devido à falta de informação sobre a sua rentabilidade, já que conta com mais de um elemento sendo produzido na mesma área, dificultando a compreensão dos fatores econômicos que o envolvem (MARTINELLIA et al., 2019). O produtor precisa administrar de maneira eficiente as variáveis em que tem controle, já que o preço do produto não é possível controlar. Por isso, analisar uma atividade agropecuária em seu aspecto econômico é importante, permitindo que o produtor conheça os fatores de produção e como utilizá-los de maneira inteligente, tornando seu produto mais competitivo devido aos menores custos de produção (OLIVEIRA JÚNIOR, 2015). Santos e Lopes (2014) destacaram a necessidade de se conhecer os custos de produção de cada item produzido no sistema, permitindo que o produtor analise suas opções e localize os pontos fracos e fortes da atividade, auxiliando-o na tomada de decisões.

Em um estudo comparando a rentabilidade de técnicas de recuperação de pastagens, quando introduzido o ILP, foi notado que a produção agrícola liquidou os custos de renovação de pastagem, tornando o sistema essencial para a recuperação de áreas que apresentam estágios de degradação (YOKOHAMA et al., 1999). Já em outro estudo realizado no estado do Paraná, comparando o monocultivo de grãos, bovinocultura de corte e a integração desses dois

componentes (ILP), foi identificado que o sistema ILP oferece melhores resultados econômicos a curto prazo e menores riscos no mercado (PERES et al., 2014).

Em relação aos sistemas com a presença do componente arbóreo (ILPF), alguns estudos mostram que os custos operacionais dependem da densidade arbórea implantada na área, aumentando o investimento com implantação e operações conforme aumenta a quantidade de árvores introduzidas no sistema (TRIVELIN, 2014; OLIVEIRA et al., 2015). Já Dubé et al. (2000) estudaram aspectos econômicos de um sistema agrossilvipastoril durante 10 anos, relatando que essa técnica é economicamente viável no Cerrado mineiro, porém, pelo menos 5% da madeira produzida tem que ser destinada para serraria e o restante para energia, com o corte das árvores em aproximadamente 9 anos. Assim, a madeira produzida no sistema ILPF deve ser destinada preferencialmente a serrarias, pois apresenta maior valor agregado quando comparado às árvores para produção de lenha ou celulose (PONTES et al., 2021).

Juntamente com a adesão desses sistemas, houve o aumento de publicações de trabalhos científicos relacionados ao SIPA, no entanto, ainda se faz necessário o estudo de aspectos que abordam a parte econômica do processo (TRIVELIN, 2018), particularmente em sistemas arborizados.

Frente as incertezas dos produtores sobre a parte econômica do SIPA e a limitação em implementar a produção animal no começo do desenvolvimento das árvores, o objetivo desse trabalho foi realizar uma análise econômica de distintos SIPA, envolvendo três invernos consecutivos (2020, 2021 e 2022), onde nos dois primeiros foi introduzida a aveia para produção de grãos, devido ao tamanho insuficiente das árvores para permitir a entrada de animais na área, enquanto em 2022 foi cultivado o consórcio de aveia e azevém para o pastejo de novilhas, comparando as produtividades agrícola e animal e os indicadores econômicos (receita, custo e lucratividade) entre os sistemas com vs. sem árvores e duas doses de adubação nitrogenada em cobertura, tanto na aveia para produção de grãos, como na pastagem. Como o nitrogênio é um insumo de alto custo, este fator contribui para uma melhor avaliação econômica dos SIPA, além de uma influência positiva esperada sobre a produção de aveia e de forragem, já que as culturas hibernais podem ser efetivadas com o uso do nitrogênio e ainda reduzir a necessidade de adubação na cultura de verão (ASSMANN et al., 2002).

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Descrição do local

O presente estudo se caracteriza como o segundo ciclo de um experimento de longo prazo que foi implantado em 2006 e manejado sob plantio direto desde 2007, detalhes podem ser obtidos em Porfirio-da-Silva (2012), e teve o primeiro ciclo do experimento encerrado com a colheita total das árvores remanescente de eucaliptos (*Eucalyptus dunnii*) em 2019.

Conduzido na Estação de Pesquisa Fazenda Modelo do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-Emater (IDR - Paraná) (Figura 1) no período de abril de 2022 a junho de 2023, em Ponta Grossa, Paraná (25°07'22" S; 50°03'01" W); e altitude de 953 m. O clima, segundo Köeppen, é do tipo Cfb subtropical mesotérmico úmido, com precipitação média de 1.400 mm anuais. A temperatura média anual é de 17,6 °C, com máximas e mínimas de 24,3 °C e 8,5 °C, respectivamente. As áreas experimentais contêm uma associação de solos apontados como Cambissolo Háplico Distrófico típico e Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura arenosa, com relevo entre 4 e 9% de declividade (EMBRAPA, 2006). Na Tabela 8 encontram-se os dados climáticos da região durante os 3 períodos experimentais, bem como as médias históricas dos meses em que ocorreram o experimento.

Tabela 10- Dados de precipitação pluviométrica e temperatura média durante o período experimental dos anos de 2020, 2021 e 2022, da cidade de Ponta Grossa, Paraná.

Mês	2020		2021		2022		Média histórica	
	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)
Maio	67,8	14	87,6	15,1	57,4	14,4	91	15,3
Jun	144	15,3	74,6	13,4	137,4	13,3	106,5	14,5
Jul	40	14	36,4	11,3	137,4	15,6	91,3	14,1
Ago	138,4	14,5	44	15,8	30,2	14	79,3	15,4
Set	35	19,2	58,2	18,5	147,2	14	122,6	17,1
Out	89,4	19,4	220,2	16,9	203,2	17,8	167	18,7

P = Precipitação; T = Temperatura média; Jun = junho; Jul = Julho; Ago = Agosto; Set = Setembro; Out = Outubro.

Fonte: Simepar

A área experimental possui tamanho total de 13,23 ha, sendo 7,21 ha arborizados, apresentando 12 unidades experimentais com dimensões variáveis, onde 6 unidades são arborizadas e as outras 6 sem árvores. As unidades experimentais foram individualizadas com auxílio de cerca elétrica.

As árvores de *Eucalyptus grandis* clone GPC 23 foram plantadas nos dias 20 e 21 de novembro de 2019, em um arranjo espacial de 14 x 3 m e em renques de fila única (mesmos renques utilizados no primeiro ciclo) dispostas no sentido transversal da declividade do terreno na área experimental. A área estudada é composta por 1.084 árvores de eucaliptos, sendo 230 árvores pertencentes a unidade experimental 4 (ver Figura 2), 120 árvores na unidade experimental 5, 161 na unidade 6, 184 na unidade 7, 212 na unidade 9 e 167 na unidade experimental 10. Aos 29 dias após o plantio foi realizado o replantio total de 450 mudas (14,4%). Foi realizada a adubação do plantio do eucalipto com 90 g/cova de superfosfato simples (SSP), e a adubação de cobertura, realizada 31 dias após o plantio utilizando ureia (30 g/pl) e KCl (60 g/pl). Aos 12 meses de idade das árvores foi realizado o primeiro inventário florestal, onde as árvores apresentaram diâmetro a altura do peito (DAP) de 9.94 ± 1.97 cm e altura (Ht) de 6.96 ± 1.21 m, respectivamente. Também nessa idade foi realizada a primeira desrama das árvores até a altura correspondente a 50% da Ht de cada árvore. Em novembro de 2022 foi realizado um novo inventário das árvores, onde o valor de DAP foi 16.77 ± 2.77 cm e a Ht 11.93 ± 2.20 m.

No inverno de 2020 e 2021 foi cultivada a aveia para produção de grãos, já que o diâmetro superior a 6 cm das árvores confere proteção apenas contra a quebra do tronco por animais adultos, e não a mastigação da casca. Já no inverno de 2022 a área foi utilizada para recria de novilhas Purunã com pastagem de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb. cv. IPR 61) consorciada com azevém (*Lolium multiflorum* Lam. BRS-Ponteio).

3.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

Nos invernos de 2020 e 2021 foi realizado um delineamento experimental com três blocos casualizados com quatro tratamentos arranjados num esquema fatorial 2 x 2, isto é, 2 sistemas, presença de árvores (ILPF) e ausência de árvores (ILP), e duas doses de adubação nitrogenada em cobertura (20 e 60 kg/N ha). Apesar de termos apenas cultura para grãos, tanto no inverno como no verão nestes dois primeiros anos, continuaremos usando as siglas ILP vs. ILPF para descrever os tratamentos, em função do histórico destes. Em 2020, antes

do plantio, foi realizada a dessecação de toda a área com 2L/ha de glifosato, no dia 30 de maio. Já no dia 12 de junho do mesmo ano, foi realizado o plantio da aveia granífera IPR Artemis, com densidade de 70 kg/ha de sementes juntamente com uma adubação de base na formulação 10-20-20 (N-P₂O₅-K₂O) e dose de 200 kg/ha. O total de N aplicado em 2020 foi de 40 e 80 para os tratamentos com menor e maior dose de N, respectivamente, de acordo com as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para o estado do Paraná (SBCS/NEPAR, 2017) para produtividade de grãos esperada < 2 ton/ha ou > 4ton/ha.

Também foram realizadas duas adubações de cobertura, a primeira com cloreto de potássio (35 kg/ha), no dia 30 de junho de 2020, e a segunda com uréia, de acordo com os tratamentos (20 x 60 kg de N/ha) no dia 14 de julho de 2020. Posteriores aplicações de defensivos foram efetuadas para manutenção da aveia granífera, incluindo 2L/ha de herbicida 2-4D no dia 5 de agosto, e pulverização com 0,500 L/ha de fungicida Fox e 0,200 L/ha inseticida DI-CIS no dia 11 de setembro de 2020. A colheita ocorreu no dia 29 de outubro de 2020.

No ano de 2021, antes do plantio da aveia, foi realizada a correção do solo por meio de calagem e gessagem em todas as unidades experimentais, com dosagem variando entre 1 a 3 toneladas ha, visando elevar a saturação por bases para 60%. Processos de dessecação da área foram realizados no dia 19 de maio de 2021, através do uso de 3L/ha de herbicida com ingredientes ativos de Glyphosate. A semeadura da aveia granífera IPR Artemis ocorreu nos dias 1 e 2 de junho de 2021, com densidade de semadura de 100 kg/ha.

Foi realizada adubação de base com N-P₂O₅-K₂O na formulação 10-30-10, sendo utilizado 100 kg/ha. A adubação potássica de cobertura foi realizada no dia 10 de junho de 2021, através do uso de KCI (cloreto de potássio) com dosagens variando entre 30 a 50 kg/ha, de acordo com o resultado da análise de solo de cada unidade experimental. No dia 10 de junho foi feita uma complementação com ureia em cobertura em toda a área experimental na dose de 50 kg de ureia/ha. No dia 15 de julho foram aplicadas as duas doses de adubação nitrogenada, de acordo com os tratamentos, de 20 kg para uma produtividade esperada inferior a 2 toneladas por ha e 60 kg de N/ha para uma produtividade esperada acima de 4 toneladas por ha (SBCS/NEPAR, 2017), nos três blocos. A dessecação da aveia foi realizada no dia 15 de outubro com o uso de 2,5L/ha de herbicida Glyphosate. No dia 18 de agosto foi realizada aplicação de fungicida na área. Já no dia 24 de agosto foi realizado o controle de insetos-praga através da administração de inseticida. Novamente, no dia 09 de setembro, foram realizadas novas aplicações de inseticida e fungicida. Nos dias 25 e 26 de outubro foi efetuada a colheita da aveia granífera, posterior a dessecação pré-

colheita.

O início da condução do experimento no ano de 2022 se deu no dia 25 de abril, após a colheita da soja, em que toda a área experimental foi dessecada com glifosato (2.l/ha). A pastagem de aveia-preta (IPR 61) + azevém (BRS Ponteio) foi implantada em 26 de abril de 2022 com 60 kg de sementes de aveia/ha + 20 kg de sementes de azevém/ha e 70 kg de P_2O_5 /ha. Foram avaliados quatro tratamentos, resultantes do cruzamento de dois fatores, presença (ILPF) x ausência de árvores (ILP) e duas doses de adubação nitrogenada no inverno, 50 x 150 kg de N/ha, com três repetições (i.e., blocos).

Em 5 de maio foi feita adubação em cobertura, usando 225 kg/ha do formulado N- P_2O_5 - K_2O 20-5-20 e no dia 6 de maio foi realizada a calagem com calcário calcítico na dose de 1,4 ton/ha, visando elevar a saturação por bases para 70%. Em 30 de maio foi feita adubação em cobertura com mais 80 kg de K_2O /ha. Tais recomendações de adubação foram feitas com base nas análises de solo, em função da cultura mais exigente do sistema (i.e., milho, produção esperada entre 13-16 ton/ha), visando a estratégia de adubação de sistema.

Os animais adentraram a área experimental no dia 14 de junho de 2022, permanecendo nesta durante 139 dias. O sistema de pastoreio utilizado foi o contínuo, com o uso da técnica “put and take”, descrita por Mott & Lucas (1952), para o ajuste da carga e manutenção de altura constante da pastagem de cerca de 20 cm (CARVALHO et al., 2005), através de animais reguladores. Foram mantidos três animais “testers” da raça Purunã (novilhas com idade entre 8 e 10 meses no outono, ou seja, recria). Os ajustes foram realizados regularmente, baseados nas avaliações quinzenais de altura da pastagem.

A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada no dia 31 de maio, fase de início do perfilhamento da pastagem, com 50 x 150 kg de N/ha, isto é, em função dos tratamentos.

3.2.3 Produtividade da aveia granífera

Foi realizada a contagem do número de panículas de aveia em amostras de 0,25 m², em cinco pontos aleatórios das 12 unidades experimentais. Foram coletadas 30 panículas de modo aleatório em cada unidade experimental, que posteriormente foram encaminhadas ao laboratório para determinação do comprimento, número de espiguetas por panícula e número de grãos por panículas. Antes da colheita total da área da aveia granífera, nos dias 25 e 26 de outubro de 2021, foram coletadas amostras de 3 linhas de 6 metros linear em cada unidade experimental, que foram devidamente trilhadas, pesadas e mensurados os teores de

umidade. Posteriormente, os valores do peso de 1000 grãos e produtividade foram ajustados para o teor em umidade de 13%.

3.2.4 Produtividade animal

Os animais foram pesados a cada 28 dias, após restrição de alimentos e água por 15 horas. As pesagens intermediárias contribuíram para orientar os ajustes de lotação necessários, bem como para o controle do desempenho animal. O ganho de peso médio diário (GMD) dos animais “testers” foi avaliado através da diferença de peso vivo entre pesagens sucessivas e o número de dias transcorridos. A carga animal (kg de PV/ha/dia) foi calculada através da média ponderada do somatório dos pesos dos animais “testers” e reguladores presentes em cada unidade experimental. O ganho de peso por hectare foi determinado multiplicando-se o GMD pelo número de animais - dia/ha, sendo este, por sua vez, calculado pela contagem do número de animais que permaneceram na unidade experimental em cada dia multiplicado pelo número de dias de avaliação de cada período.

3.2.5 Análise econômica

Para a análise econômica foram analisados os seguintes indicadores: receita, custo total de produção e lucro. Para o cálculo dos indicadores econômicos foi utilizado a metodologia descrita em Volsi et al. (2020). As receitas foram calculadas pela multiplicação da produtividade das culturas ou da produção animal pelos respectivos preços de venda. Os preços de venda utilizados foram coletados a partir dos dados diários dos valores recebidos pelos produtores, da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB, 2022).

Para o cálculo de custo foram considerados os serviços e insumos envolvidos nos tratos culturais recomendados para os sistemas de produção. Foram também contabilizados outros custos inerentes ao custo de produção, tais como transporte interno e externo, mão de obra, assistência técnica, taxas, encargos e impostos. Para a obtenção dos custos dos insumos realizou-se um levantamento sobre o custo médio para todas as operações agrícolas e insumos relacionados às safras dos anos de 2020 a 2022, por meio dos preços pagos pelos produtores (SEAB, 2022).

Para estabelecer os custos operacionais (e.g. de semeadura, pulverização, colheita, incluindo mão de obra), usamos os coeficientes técnicos experimentais da estação onde o

experimento foi conduzido. O coeficiente técnico, segundo Pontes et al. (2021), representa o tempo gasto na realização de cada atividade agrícola por ha ou por animal. Assim, os valores para operações agrícolas (manual e mecânico), bem como os insumos foram apresentados em hectares. O lucro foi calculado subtraindo o custo total de cada tratamento da sua receita.

Com o objetivo de converter valores nominais em valores reais, todos os indicadores econômicos foram deflacionados para fevereiro de 2023, utilizando o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) – que é o índice oficial de inflação do Brasil.

3.2.6 Análise estatística

Análises de variância do efeito dos fatores bloco (GL =2), doses de N (GL = 1) e sistema (presença ou não de árvores, GL = 1) foram realizadas utilizando-se o programa estatístico Statgraphics Centurion XV, modelo GLM, para as variáveis de desempenho animal, componentes de rendimento e produtividade da aveia Artemis e para os indicadores econômicos. Os dados foram analisados tendo bloco como efeito aleatório e os demais como efeito fixo. Interação entre doses de N e sistemas foram testadas e excluídas do modelo final quando não significativas. Em caso de efeito significativo para a interação, foi realizado o teste de comparação de médias (LSD, *least significant difference*) entre os quatro tratamentos. Nas ANOVAS para as variáveis obtidas nas fases de aveia grão, foi incluído o fator ano (GL=1) como fator fixo, bem como testadas as interações com este fator. Em razão da grande variação entre os dados referentes a variável lucro de 2021, foi realizada uma análise *Broken Line* para análise de regressão entre essa variável e a produtividade do mesmo ano.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Produtividade da aveia grão e animal

Os resultados das análises de variância para os componentes de rendimento e produtividade da aveia granífera, bem como para as variáveis da fase com animais em pastejo estão apresentados na Tabela 11. Não foram observadas interações significativas entre sistemas x doses de N, bem como destes fatores com o fator ano para as variáveis com aveia Artemis.

Tabela 11- Resultado das análises de variância para os componentes de rendimento e produtividade da aveia granífera e do componente animal. Sistema (Integração lavoura-pecuária x Integração lavoura pecuária-floresta), doses de N (60 kg/N ha x 20 kg/N nas variáveis de aveia e 50 kg/N ha x 150 kg/N ha no componente animal), e ano (2020 x 2021).

Variável	Sistema		Dose de N		Ano	
	F	P	F	P	F	P
PA	5,08	0,0369	0,15	0,6995	88,62	0,0000
CP	14,47	0,0013	0,45	0,5106	95,78	0,0000
EP	2,29	0,1478	0,01	0,9247	1,36	0,2587
PM	0,89	0,3582	10,97	0,3582	35,15	0,0039
PMG	2,19	0,1562	0,58	0,4555	0,01	0,9365
GP	0,00	0,9462	3,47	0,0789	12,41	0,0024
CT	18,75	0,0034	0,24	0,6360	-	-
GMD	28,83	0,0010	1,54	0,2540	-	-
GA	45,08	0,0000	0,10	0,7547	-	-
N	7,95	0,0258	0,24	0,6401	-	-

PA = Produção aveia; CP = Comprimento de panícula; EP = Espiguetas por panícula; PM = panícula por m²; PMG = Peso mil grãos; GP = Grãos por panícula; CT = Carga animal; GMD = Ganho médio diário; GA = Ganho por área; N = Número de animais.

Fonte: A autora, 2023

O sistema influenciou significativamente tanto as variáveis relacionadas ao rendimento da aveia como as variáveis do desempenho animal (Tabela 11). A produção de aveia, comprimento de panícula, carga total, ganho médio diário, ganho por área e número de animais apresentaram resultados superiores no sistema ILP, comparado ao ILPF, conforme médias demonstradas na Tabela 12.

Tabela 12- Médias (\pm desvio padrão) das variáveis avaliadas que apresentaram diferença significativa em relação a dois SIPA, isto é, integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta.

Variável	ILP	ILPF
PA (kg/ha)	2892,8 \pm 1203,75	2436,7 \pm 1030,28
CP (cm)	16,3 \pm 1,78	15,3 \pm 1,49
CT (kg PV/ha)	1141,5 \pm 148,34	867,5 \pm 85,82
GMD (kg/animal/ha)	0,798 \pm 0,0629	0,641 \pm 0,0274
GA (kg PV/ha)	601,5 \pm 94,28	377,9 \pm 39,72
NA	5,4 \pm 0,89	4,2 \pm 0,41

PA = Produção aveia; CP = Comprimento de panícula; CT = Carga animal; GMD = Ganho médio diário; GA = Ganho por área; N = Número de animais; PV= peso vivo; ILP = Integração lavoura-pecuária; ILPF = Integração lavoura-pecuária-floresta.

Fonte: A autora, 2023

A produção de aveia, comprimento de panícula, panículas por m² e grãos por panícula, sofreram efeito do ano, com todas as variáveis apresentando melhor resultado no ano de 2021 (Tabela 13).

Tabela 13- Médias (\pm desvio padrão) das variáveis que apresentaram diferença significativa em relação aos anos.

Variável	2020	2021
PA (kg/ha)	1712,4 \pm 382,08	3617,2 \pm 706,31
CP (cm)	14,5 \pm 0,684	17,2 \pm 1,26
PM	277,5 \pm 38,71	357,6 \pm 39,39
GP	46,3 \pm 5,38	55,1 \pm 6,62

PA = Produção aveia; CP = Comprimento de panícula; PM = panícula por m²; GP = Grãos por panícula.

Fonte: A autora, 2023

O peso de mil grãos não apresentou diferença significativa em relação aos sistemas, doses de N ou ano, apresentando média de 0,43 kg \pm 0,024. No que se refere as diferentes doses de N, essas não influenciaram nenhuma variável relacionada a produtividade de aveia ou desempenho animal e não houve interação entre os fatores sistemas e doses de N (P>0.05).

Em suma, em 2020 foi possível obter uma produtividade de aveia de 1939,3 kg/ha no sistema ILP e 1247,8 kg/ha no ILPF, enquanto no ano de 2021 o sistema ILP atingiu a produção de 3846,5 kg/ha e o ILPF 2845,9 kg/ha. Em relação ao ganho animal, durante 139 dias de

pastejo realizado em consórcio de aveia preta e azevém, foi conquistado 601,5 kg de PV/ha no sistema de ILP e 377,9 kg de PV/ha no sistema de ILPF.

3.3.2 Análise econômica

No ano de 2020, a variável lucro sofreu efeito dos sistemas, assim como a receita e custo (Tabela 14), com as médias apresentadas na Tabela 15, onde é possível observar que todos os resultados foram inferiores no tratamento com árvores.

Tabela 14- Resultado das análises de variâncias para as variáveis econômicas do inverno de 2020, 2021 e 2022.

Variável	2020				2021				2022			
	SIST		N		SIST		N		SIST		N	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
Receita	6,2	0,0420	0,01	0,9301	31,6	0,0008	0,0	0,9122	31,6	0,0008	0,01	0,9122
Custo	17,4	0,0042	6,04	0,0436	28,2	0,0011	9,6	0,0175	157,1	0	165,5	0
Lucro	4,2	0,0798	0,32	0,5878	0,7	0,4263	1,1	0,322	16,8	0,0046	5,1	0,0580

SIST = Sistema; N= Dose de nitrogênio.

Fonte: A autora, 2023.

Tabela 15- Médias (\pm desvio padrão) para cada sistema, das variáveis econômicas obtidas em 2020.

Variável	ILP	ILPF
Receita (R\$/ha)	1.365 \pm 125,3	878 \pm 20,9
Custo (R\$/ha)	1.770 \pm 55,2	1.499 \pm 61,0
Lucro (R\$/ha)	-405 \pm 301,2	-621 \pm 182,4

ILP= Integração lavoura-pecuária; ILPF= Integração lavoura-pecuária-floresta.

Fonte: A autora, 2023

Em 2020 também foi constatada diferença significativa da variável custo em função das doses de N, com custo de R\$ 1554,5/ha nas áreas experimentais que ganharam 20 kg/ha de N, e R\$ 1714,3/ha nas áreas com maior adubação nitrogenada (60 kg/ha de N).

Já no ano de 2021, o tratamento ILP 20 kg N/ha apresentou lucro de R\$ 8,00/ha, enquanto os demais tratamentos demonstraram prejuízo (Tabela 16). Assim como no ano de 2020, o maior custo do inverno de 2021 foram com os insumos, totalizando R\$ 8.775/ha (Figura

10), sendo que em relação ao custo com fertilizantes foi gasto R\$ 3.161/ha no tratamento com 60 kg N/ha, e R\$ 2.496/ha no tratamento com 20 kg N/ha.

Tabela 16- Receita, custo e lucro (R\$/ha) para a fase de inverno dos sistemas lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta, para os anos de 2020 a 2022.

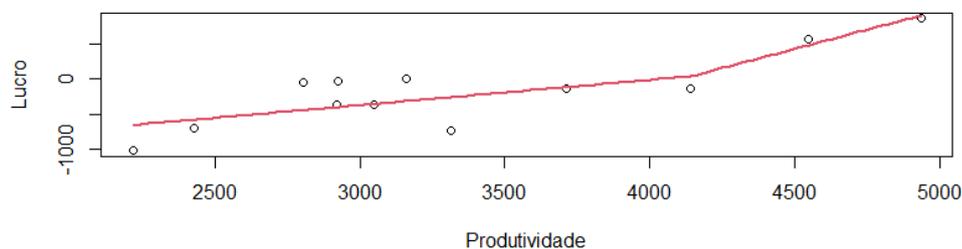
Ano	ILP N-			ILP N+			ILPF N-			ILPF N+		
	Receita	Custo	Lucro									
2020	1.275	1.650	-375	1.456	1.890	-435	869	1.460	-591	888	1.538	-650
2021	3.261	3.254	8	3.534	3.629	-95	2.618	2.644	-27	2.410	2.994	-584
2022	11.536	7.892	3.644	11.445	9.512	1.933	7.261	6.595	666	7.178	7.928	-750

AV= Aveia; PA= Produção animal; ILP N- = integração lavoura-pecuária com a menor dose de N (20 kg/N para os anos de 2020 e 2021 e 50 kg/N para 2022); ILP N+ = integração lavoura-pecuária com a maior dose de N (60 kg/N para os anos de 2020 e 2021 e 150 kg/N para 2022); ILPF N- = integração lavoura-pecuária-floresta com a menor dose de N (20 kg/N para os anos de 2020 e 2021 e 50 kg/N para 2022); ILPF N+ = integração lavoura-pecuária-floresta com a maior dose de N (60 kg/N para os anos de 2020 e 2021 e 150 kg/N para 2022).

Fonte: A autora, 2023

A variável lucro não sofreu efeito dos sistemas ou diferentes doses de N no ano de 2021 (Tabela 14), com lucro médio de R\$ -174,5/ha por tratamento. Devido a grande variação de lucro entre as parcelas desse ano (cv -304,83%), foi realizada a análise de *Broken line*, apresentando regressão significativa, com a obtenção de lucro quando a produção ultrapassou o nível de 4139.86 kg/ha (Figura 9).

Figura 9- Modelo de regressão segmentada entre o nível de produtividade (kg/ha) para aveia cv. Artemis e lucro (R\$ ha).



Fonte: A autora, 2023

No ano de 2021, houve diferença significativa da receita e o custo em relação ao sistema (Tabela 14), que foram maiores no sistema ILP (Tabela 18). Neste ano também teve variação do custo em função da dose de N, sendo que as áreas experimentais que receberam dose de 20

kg/ha apresentaram custo médio de R\$ 2949/ha, enquanto que, nas que tiveram 60 kg/ha de N, o custo foi de R\$ 3311/ha.

Tabela 17- Médias (\pm desvio padrão) para cada sistema, das variáveis econômicas obtidas em 2021.

Variável	ILP	ILPF
Receita (R\$/ha)	3.397,5 \pm 325,59	2.513,7 \pm 119,67
Custo (R\$/ha)	3.441,2 \pm 131,16	2.818,9 \pm 86,99
Lucro (R\$/ha)	-43,7 \pm 267,58	-305,2 \pm 159,02

ILP= Integração lavoura-pecuária; ILPF= Integração lavoura-pecuária-floresta.

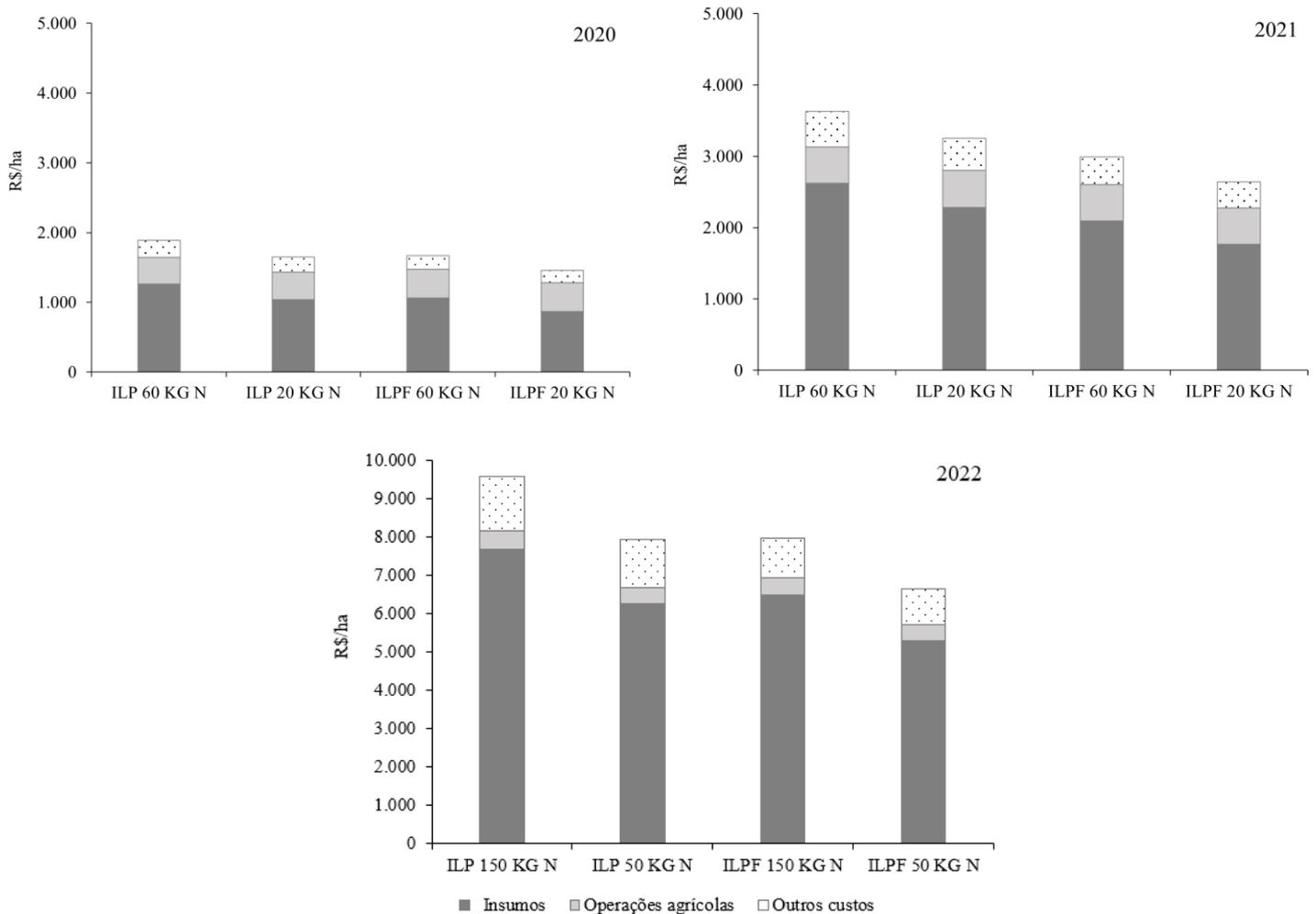
Fonte: A autora, 2023

Em 2022, ano que contou com a entrada dos animais no inverno, foi obtido maior lucro, com apenas um dos tratamentos apresentando prejuízo, sendo que o mais lucrativo foi o tratamento ILP 50 kg N, apesar de não ser o que apresentou o menor custo (Tabela 17). Os sistemas afetaram de forma significativa as variáveis lucro e receita (Tabela 14), onde a receita foi superior no sistema ILPF (R\$ 7219,18/ha), em comparação ao ILP (R\$ 1.1490,8/ha), e o lucro do ILP foi R\$ 2788,6/ha \pm R\$ 1.893,88/ha, enquanto o sistema ILPF apresentou lucro negativo de R\$ -42,0/ha \pm R\$ 1.044,52/ha. Em contrapartida, as diferentes doses de N não influenciaram significativamente nenhuma das variáveis econômicas desse ano. A variável custo não sofreu efeito do sistema ou adubação nitrogenada, com média de R\$ 7981,71/ha.

Foi possível obter lucro médio de R\$ 1.373,2/ha com a entrada dos animais no inverno de 2022, porém, nos anos de 2020 e 2021 obteve-se prejuízo de R\$ -512,7 e R\$ -174,5 ha, respectivamente, sendo o inverno de 2020 o menos rentável.

Em relação a produção de aveia granífera no ano de 2020, nenhum dos tratamentos apresentaram lucro, sendo o maior prejuízo obtido nas unidades experimentais do tratamento ILPF com 60 kg N/ha, que resultaram em um prejuízo de R\$ 650/ha (Tabela 16). O maior custo relatado nesse ano foi com insumos, onde foi gasto R\$ 4.235/ha. O gasto com fertilizantes totalizou R\$ 2.732/ha, sendo R\$ 1.157/ha referente as áreas experimentais que receberam a dose 20 kg N/ha e R\$ 1.575/ha das áreas com 60 kg N/ha. Na Figura 10 é demonstrado os custos de cada ano em relação aos tratamentos.

Figura 10- Custos por área (R\$/ha) observados em relação aos tratamentos e anos experimentais, onde ILP refere-se ao sistema integração lavoura-pecuária e ILPF ao sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.



Fonte: A autora, 2023

É possível notar que o maior custo de ambos os sistemas e anos foram os insumos, onde nos tratamentos com maior nível de adubação nitrogenada esse gasto foi superior em razão do alto custo do nitrogênio. Nos dois primeiros anos, que não contaram com a pecuária de corte, os gastos com operações agrícolas foram superiores, devido a atividades como a pulverização para controle de fungos e insetos-pragas na lavoura, e a adubação com ureia e cloreto de potássio para permitir um melhor desenvolvimento da mesma.

3.4 DISCUSSÃO

Em ambos os sistemas e anos, a produção de grãos da aveia cv. Artemis não atingiu a média de produção de 3822 e 4123 kg/ha de diferentes regiões do Sul do Brasil no ano de 2020 e 2021, respectivamente (LÂNGARO et al., 2021; CARVALHO et al., 2022). A produção

inferior no inverno de 2020 pode ser consequência de uma competição com o azevém devido sua ressemeadura natural, uma vez que está espécie foi cultivada por anos na área experimental em questão. A baixa disponibilidade de chuvas em 2021 pode ter proporcionado a queda de produção de grãos deste ano, já que a precipitação foi 39% menor em comparação com a média histórica durante o inverno (Tabela 8). Esse resultado condiz com os encontrados por Santos et al. (2014), onde avaliando o rendimento de grãos em sistemas integrados relataram que as características produtivas, como o número de legumes por planta e grãos por planta, foram influenciadas negativamente por condições meteorológicas e não pelo resíduo vegetal remanescente da pastagem de inverno.

Em relação ao desempenho animal, o ganho por área alcançado em 2022 em ambos os sistemas foi satisfatório (Tabela 12). Lopes et al. (2018) relatou GA de 455 kg/ha e Kunrath et al. (2014) observaram ganhos em torno de 370 kg/ha em pastagem de aveia preta e azevém, evidenciando que o resultado do presente estudo supera o potencial das pastagens anuais em SIPA. Porém, foi observado um impacto negativo na fase inicial de introdução das árvores no rendimento de grãos de aveia e também no ganho por área dos animais, sendo que o rápido crescimento do eucalipto, proporcionando sombreamento de 35,4%, em média, no ano de 2022, pode ter sido a causa desses resultados.

É possível notar, independente do ano ou tratamento, que o maior custo foi com os insumos (Figura 10), com importante participação do nitrogênio. A dose superior de adubação nitrogenada resultou em um aumento médio do custo total de 14% e representou grande parte dos insumos adquiridos. Além disso, o aumento no nível de N não influenciou a produção de grãos ou produção animal a ponto de liquidar os gastos com tal insumo, sem influenciar o lucro. De acordo com Mantai et al. (2015), que testou doses de 30 e 60 kg N/ha, as doses superiores de N podem favorecer seu aproveitamento para a produção de palha, mas não efetiva a produção de grãos de aveia. Além de não aumentar a massa de grãos, doses elevadas desse elemento podem favorecer o crescimento vegetativo e acamamento da cultura (SILVA et al., 2012).

Adicionalmente, Benin et al. (2012) observaram que a maior resposta da cultura do trigo em relação à produtividade de grãos pelo nível de N, ocorreu quando as chuvas não eram limitantes, fato esse que pode estar relacionado a menor produtividade de 2021. Simili et al. (2008) afirmou que a variabilidade do solo também afeta a resposta da cultura frente a dose de N, o que pode ter contribuído para os níveis mais baixos de N aplicados no presente estudo, combinados com a ciclagem de nutrientes dos SIPA, terem proporcionado um nível de nutrição de N não limitante.

As culturas de cobertura geram resíduos que contribuem para a manutenção da matéria orgânica e melhoram características físicas, químicas e biológicas do solo, além de os sistemas de produção que incluem árvores serem capazes de reduzir a erosão (FAÉ et al., 2009, PALMA et al., 2007). Apesar de indicações para a produção de grãos durante o inverno no sul do Brasil (MORAES et al., 2018), com objetivo de sobrepor os resultados econômicos das culturas de cobertura (SIMIONI et al., 2016), no presente estudo não foi alcançado retorno econômico nos anos em que foi cultivada a aveia granífera (Tabela 17), assim como o resultado encontrado por Canalli et al. (2020), que em um estudo de três anos com sistema de rotação com trigo e soja, observaram perdas econômicas nos dois primeiros anos.

Em geral, os tratamentos tiveram perdas com a produção de grãos de aveia (Tabela 17) devido a uma combinação de baixo rendimento e baixos preços de mercado de inverno das culturas de grãos. Oliveira et al. (2013) analisou a rentabilidade econômica de SIPA por um período de 12 anos (2011 – 2012) e relatou que o sistema ILP apresentou melhores resultados quando comparado ao monocultivo de grãos, principalmente quando a precipitação era insuficiente para o desenvolvimento ideal da lavoura, ressaltando a vantagem dos SIPA em relação a diversificação de produtos para o contorno de situações adversas como o clima. De fato, Carvalho et al. (2018) e Lemaire et al. (2014) afirmaram que o sistema ILP é uma opção interessante para contornar os riscos associados a frustrações nas safras de verão e ao baixo preço associado as safras de grãos de inverno. Pontes et al. (2021), ao realizarem uma análise econômica de longo prazo nessa mesma área, observaram que a partir do momento em que houve integração do elemento animal durante o inverno, a receita aumentou, mesmo com o influxo de renda das árvores. Dessa forma, a integração do gado desde o primeiro inverno com a utilização de barreiras físicas, tais como cercas à volta de árvores imaturas, parece ser uma alternativa mais rentável, acelerando o fluxo de caixa.

Geralmente, as produções do sistema ILP e ILPF são semelhantes nos primeiros anos de implantação das árvores e, após o fechamento da copa das árvores a produção de grãos e a produção animal podem diminuir (LIMA et al., 2019). Mesmo as plantas C₃, como as utilizadas no estudo, apresentando melhor adaptação a redução de luz, nos anos avaliados nesse trabalho as árvores já estavam com as copas mais desenvolvidas, e mesmo com as desramas foi possível notar menor produtividade no sistema ILPF, com as plantas não operando totalmente seu potencial fotossintético (PONTES et al., 2021). Apesar disso, as médias de produção, especialmente a animal, encontraram-se próximas e até mesmo superiores as médias paranaenses e a resultados de outros autores (LÂNGARO et al., 2021, LOPES et al., 2018, KUNRATH et al., 2014). Avaliando o ano de 2022, o sistema ILPF apresentou prejuízo apenas

quando utilizado o nível superior de adubação nitrogenada, ou seja, a integração com árvores se mostrou rentável frente a adubação com 50 kg N/ha. Vale ressaltar que futuramente esse sistema ainda contará com o lucro oriundo da madeira. De acordo com Martha et al. (2006), em uma análise de viabilidade é importante quantificar as vantagens do ILPF como a redução de emissão de metano pelos animais, capacidade de mitigação de carbono, aumento de matéria orgânica no solo e eficiência do uso de insumos.

Em casos em que o pastejo de inverno é introduzido desde o começo do sistema, com o componente arbóreo protegido contra os danos animais para não reduzir o valor da madeira a ser vendida, os ganhos econômicos podem ser satisfatórios e até mesmo superiores quando comparados ao monocultivo de culturas, sendo uma alternativa para contornar a instabilidade de preços e adversidades climáticas. Uma vez que um aumento do nível de N não garante um aumento do rendimento de grãos de aveia ou do ganho por área, não se observou um aumento do lucro (Tabela 17). Para a produção animal, o sistema mais rentável foi o sistema ILP com 50 kg N/ha (Tabela 17). Para melhorar o lucro econômico nos sistemas de ILPF, os agricultores podem procurar iniciativas que acrescentem valor aos produtos silvipastoris.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os diferentes níveis de adubação nitrogenada afetaram de forma significativa ($P < 0,05$) a altura da pastagem e também a massa de forragem, com ambas atingindo valores superiores nos tratamentos que receberam 150 kg N/ha ($23,7 \pm 6,31$ cm e $1,045,5 \pm 176,2$). No entanto, o aumento da dose de N não influenciou as variáveis de produção animal. Em contrapartida, o sistema e os períodos experimentais apresentaram efeito em todas as variáveis de desempenho animal, onde o sistema ILP alcançou valores superiores de ganho médio diário ($0,798 \pm 0,0629$ kg/animal/dia), ganho por área ($602 \pm 120,0$ kg PV/ha) e carga ($1142 \pm 148,3$ kg PV/ha), quando comparado ao sistema de ILPF ($0,641 \pm 0,0274$ kg/animal/dia; $378 \pm 39,73$ kg PV/ha; $868 \pm 85,8$) respectivamente em 139 dias de pastejo. Isso ocorreu provavelmente em função do nível de restrição de luz observado (i.e. 34,5%) no sistema arborizado, influenciando as características quantitativas e provavelmente qualitativas da forragem.

Em relação ao período de avaliação, devido as características da pastagem no início de sua implantação, variações na oferta e também aos diferentes níveis de precipitação, a produtividade animal variou ao longo do tempo, por exemplo, o GMD variou entre $0,392 \pm 0,2039$ kg/animal/dia e $0,963 \pm 0,1685$ kg/animal/dia.

Todas as árvores de *Eucalyptus grandis* clone GPC 23 sofreram danos pelos animais, com 89,3% das árvores enquadrando-se na classe de intensidade de dano Alta ($d3 = \text{alta}$, quando $6 < d3 < 10$), ou seja, podendo seu ter desenvolvimento futuro afetado. Além disso, foi observado que o DAP das árvores apresenta relação linear significativa com a incidência de danos da classe de intensidade Alta, com as árvores mais finas sendo mais prejudicadas pela ação do gado. Contudo, essas árvores apresentaram desenvolvimento, mesmo com os danos sofridos, de 28% em diâmetro e 38% em altura, em um período de 5 meses. Apesar deste crescimento, a qualidade da madeira foi impactada, provavelmente alterando o destino da venda futura das árvores, que poderão não ser mais comercializadas para serraria.

Em se tratando da avaliação econômica, foi observado que o pastoreio do gado no inverno foi muito mais rentável do que o cultivo da aveia grão, uma vez que o lucro médio do inverno de 2022 foi de R\$ 1373,25/ha, enquanto que de 2020 foi obtido prejuízo médio de R\$ -512,75/ha e em 2021 o prejuízo foi de R\$ -174,5/ha. Prejuízos esses influenciados pelo baixo rendimento da aveia ($1712,4 \pm 382,08$ kg/ha em 2020 e $3617,2 \pm 706,31$ kg/ha em 2021), cujo lucro só seria possível com rendimento acima de 4139.86 kg/ha, e pelo preço não favorável de mercado (R\$ 34,7/saca de 60 kg no ano de 2020 e R\$ 48/saca de 60 kg em 2021).

Assim como na produtividade animal, o aumento do nível de N reduziu o lucro para produção de aveia, independente do sistema. Portanto, a dose de 150 kg/N não foi viável economicamente no presente estudo, pois não efetivou a produção dos componentes, reduzindo o lucro nas unidades experimentais que receberam tal dose, já que esse insumo compõe grande parte dos custos de ambos os sistemas. No entanto, salienta-se que é importante estimar o impacto de tal adubação na lucratividade do sistema como um todo, pois no presente estudo não foi computado os custos e receitas de verão.

Em razão da alta incidência de danos observados nos eucaliptos, assim como a menor lucratividade oriunda da implantação da aveia granífera nos dois primeiros invernos (em razão dos riscos mais elevados dessa cultura, como produção e mercado), uma alternativa seria iniciar o pastejo do gado logo no início da implantação do sistema, porém, atentando-se a proteção necessária do componente arbóreo, podendo essa ser realizada por meio de cercas elétricas ou substâncias repelentes. O uso do *Eucalyptus grandis* clone GPC 23 em sistema silvipastoril não deve ser descartado em razão do ótimo IMA que este apresentou na região subtropical brasileira (5,97 cm em 3,5 anos), podendo a taxa de crescimento e a consequente produção de madeira compensar o custo com proteções para as árvores no início da implantação do sistema.

Também, vale ressaltar que mesmo apresentando menores valores quando comparado ao ILP, o ganho por área obtido no ILPF encontra-se próximo a valores encontrados por outros

autores. É importante considerar as demais vantagens que esse sistema oferece, como a ciclagem de nutrientes, captação de carbono da atmosfera, conforto animal e recuperação de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS

- BENIN, G. et al. **Agronomic performance of wheat cultivars in response to nitrogen fertilization levels.** *Acta Scientiarum Agronomy*, v.34, p.275-283, 2012.
- BERNARDI, A. C. et al. **Renovação de pastagem e terminação de bovinos jovens em sistema de Integração Lavoura Pecuária em São Carlos, SP.** In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 46, 2009, Maringá: Anais... Maringá: UEM, 2009. CD ROM.
- CARVALHO, I. R. et al. **Análise conjunta do ensaio brasileiro de cultivares de aveia branca, 2021.** In: REUNIÃO COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 41, 2022, Londrina-PR.
- CARVALHO, P. C. F. et al. Produção animal e características do solo a partir de sistemas de integração lavoura-pecuária: em direção à intensificação sustentável. **J. Anim. Sci.** V. 96, p. 3513-3525. 2018.
- COSTA, M. P. et al. Uma análise socioeconômica de sistemas integrados e não integrados de lavoura-pecuária-floresta no Cerrado brasileiro com base na ACV. **J. Clean. Prod.** v. 171, p. 1460- 1471. 2018.
- DUBÉ, F. et al. Avaliação econômica de um sistema agroflorestal com Eucalyptus sp. no nordeste de Minas Gerais: O caso da Companhia Mineira de Metais. **Revista Árvore**, Viçosa, Brasil, v. 24, p. 437-443, 2000.
- EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ) Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2^a ed. Brasília, Embrapa Produção de Informação, 306 p. 2006.
- FAÉ, G. S. et al. Integrating winter annual forages into a no-till corn silage system. **Agron. J.** v. 101, p. 1286–1296. 2009.
- FIKE, J. H. et al. Considerations for establishing and managing silvopastures. **Forage and Grazinglands**, p. 23-37, dez. 2004.
- GUERREIRO, M. F.; NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Vulnerability of ten eucalyptus varieties to predation by cattle in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 89, p. 743-749, 2015.
- KUNRATH, T. R. et al. Management targets for continuously stocked mixed oat × annual ryegrass pasture in a no-till integrated crop–livestock system. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 57, p. 71– 76, 2014.
- LANGARO, N. C. et al. **Análise conjunta do ensaio brasileiro de cultivares de aveia branca, 2020.** REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 40, 2021, Três de Maio-RS.
- LEMAIRE, G. et al. Integrated crop–livestock systems: strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agric. Ecosyst. Environ.** V. 190, p. 4–8. 2014.
- LIMA, M. A. et al. Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long-term silvopastoral system. **Grass Forage Sci.** V. 74, p. 160–170. 2019.

- LOPES, M. L. T. et al. Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho e qualidade de carcaça de novilhos de corte superprecoce terminados em pastagem de aveia e azevém manejada sob diferentes alturas. **Ciência Rural**, v. 38, n.1, p. 178-184, 2008.
- MANTAI, R. D. et al. A eficiência na produção de biomassa e grãos de aveia pelo uso do nitrogênio. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.19, n.4, p.343–349, 2015.
- MARTHA JÚNIOR, G. B. et al. **Custos de produção em sistemas pastoris: efeitos da vida útil do pasto e da taxa de lotação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico, 128). 2006.
- MARTINELLIA, G. C. et al. **Reduzindo incertezas e revertendo paradigmas sobre o desempenho econômico dos sistemas agroflorestais no Brasil**. Política de Uso da Terra 80, 274-286. 2019.
- MICHALK, D. L. et al. Sustentabilidade e segurança alimentar futura-uma perspectiva global para a produção pecuária. **Land Degrad. Dev.** V. 30, p. 561-573. 2019.
- MORAES, A. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária como solução para a destruição dos biomas Pampa e Cerrado na América do Sul por sistemas de monocultura intensiva. In: Lemaire, G., Kronberg, S., Recous, S., Carvalho, PC de F. (Eds.), **Agroecosystem Diversity: Reconciling Contemporary Agriculture and Environmental Quality**. Publicação eletrônica, Londres, pp. 257-273
- MORAES, A. et al. Pesquisa sobre sistemas de integração lavoura-pecuária no Brasil. **Rev. Cienc. Agron.** V. 45, p. 1024-1031. 2014.
- NIE, Z. et al. Benefícios, desafios e oportunidades de sistemas integrados de lavoura-pecuária e sua aplicação potencial na zona de alta pluviosidade do sul da Austrália: uma revisão. **Agric. Ecosyst. Environ.** V. 235, p. 17-31. 2016.
- OLIVEIRA JUNIOR, Orlando Lúcio. **Análise econômico-financeira da implantação de sistemas integrados para a produção de novilhas leiteiras**. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, MT. 2015.
- OLIVEIRA, Elir. **Opções de forrageiras de entressafra e inverno em sistema de produção lavoura e pecuária**. Nopel, Universidade Estadual de Maringá. 2000.
- OLIVEIRA, P. D. et al. **Evolução de sistemas de integração lavoura pecuária floresta (ILPF): estudo de caso da Fazenda Santa Brígida, Ipameri, GO**. [S.l.]: Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E), 2015.
- OLIVEIRA, P. et al. **Evolução de Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF): estudo de caso da Fazenda Santa Brígida, Ipameri, GO**. p. 1–51, 2013.
- PERES, R. M. **Estudo econômico de implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária na recria de bovinos de corte**. São José do Rio Preto, estado de São Paulo. [S.l.: s.n.], 2014.
- PONTES, L. D. S. et al. Long-term profitability of crop-livestock systems, with and without trees. **Agricultural Systems**, v. 192, p.103204, 2021.
- RESTLE, J.; LUPATINI, G. C.; ROSO, C. Eficiência e desempenho de categorias de bovinos de corte em pastagem cultivada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 2, p. 397-404, 1998.

- SANTOS, G.; LOPES, M. A. Custos de produção de fêmeas bovinas leiteiras do nascimento ao primeiro parto. **Cienc. Anim. Bras.** v.15, n.1, p. 11-19, 2014.
- SANTOS, H. P. et al. Rendimento de grãos e características agrônômicas de soja em função de pastagens perenes em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p.319-326, 2014.
- SBCS/NEPAR (2017). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Estadual Paraná. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR. 482 p.
- SEAB – SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Dados agropecuários. Preços. **Preços recebidos pelo produtor**.
- SEAB – SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Dados agropecuários. Preços. **Preços pagos pelo produtor**.
- SILVA, J. A. G. et al. Uma proposta na densidade de semeadura de um biotipo atual de cultivares de aveia. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.18, p. 253-263, 2012.
- SILVEIRA, D. C. et al. **Plantas de cobertura de solo de inverno em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária**. Embrapa, Plantio Direto, ed. 173. 2020.
- SIMILI, F. F. et al. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: Composição química e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p. 474-480, 2008.
- SIMIONI, F. J. et al. Economic and soil quality indicators in soybean crops grown under integrated crop-livestock and winter-grain cultivation systems. **Cienc. Rural**, v. 46, p. 1165–1171. 2016.
- TRIVELIN, G. A. **Análise econômica do estabelecimento de diferentes sistemas de integração-lavoura pecuária floresta**. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Campus Experimental de Dracena, Dracena, 2014.
- VOLSI, B. et al. **Production and profitability of diversified agricultural systems**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 93, n, 2, 2021.
- YOKOYAMA, L. P.; VIANA FILHO, A.; BALBINO, L. C. Avaliação econômica de técnicas de recuperação de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1335-1345, 1999.