

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –  
CAMPUS RIO VERDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**DIVERSIDADE VEGETAL E ANIMAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-  
PECUÁRIA-FLORESTA**

Autora: Natália Nogueira Fonseca  
Orientador: Prof. Dr. Tiago do Prado Paim  
Coorientadores: Dr. Karen Martins leão  
Dr. Charlys Roweder

Rio Verde - GO  
Julho - 2024



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- Tese  
 Dissertação  
 Monografia – Especialização  
 TCC - Graduação  
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: \_\_\_\_\_
- Artigo Científico  
 Capítulo de Livro  
 Livro  
 Trabalho Apresentado em Evento

Nome Completo do Autor: *Natalia Figueira Fonseca*

Matrícula: *1022102310240002*

Título do Trabalho: *Divindade vegetal animal em integração lavoura-pecuária-floresta*

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: *09/09/2024*

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não  
O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

*Rio Verde - GO* *09/09/2024*  
Local Data

*Natalia Figueira Fonseca*  
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

*Trigoberto de Jesus*  
Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 72/2024 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO**  
**ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

Unidade do IF Goiano:	Campus Rio Verde	
Programa de Pós-Graduação :	Zootecnia	
Defesa de:	Dissertação	Defesa de número:155
Data: 06/08/2024	Hora de início: 14:00h	Hora de encerramento: 18:00h
Matrícula do discente:	2022202310240002	
Nome do discente:	Natália Nogueira Fonseca	
Título do trabalho:	Diversidade vegetal e animal em integração lavoura pecuária floresta	
Orientador:	Tiago do Prado Paim	
Área de concentração:	Zootecnia/Recursos Pesqueiros	
Linha de Pesquisa:	Sustentabilidade e produção de ruminantes	
Projeto de pesquisa de vinculação	Diversidade vegetal e animal para incremento da sustentabilidade em sistemas integrados de produção agropecuária	
Titulação:	Mestre em Zootecnia	

Nesta data, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora, Prof. Dr. Tiago do Prado Paim (Orientador), Prof<sup>a</sup>. Dra Kátia Aparecida de Pinho Costa (Avaliadora Interna) e Prof<sup>a</sup>. Dra Eliane Sayuri Miyagi Okada (Avaliadora Externa) sob a presidência do primeiro, em sessão pública realizada online via google meet, para procederem a avaliação da defesa de dissertação, em nível de Mestrado, de autoria de **NATÁLIA NOGUEIRA FONSECA**, discente do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal

Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Tiago do Prado Paim, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida o(a) autor (a) da dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinado(a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM ZOOTECNIA**. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGZ da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Tese em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora.

### **Decisão da banca: Aprovada**

Esta defesa é parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna do IFGoiano.

Documento assinado eletronicamente por:

- Katia Aparecida de Pinho Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 06/08/2024 17:28:38.
- Eliane Sayuri Miyagi Okada, Eliane Sayuri Miyagi Okada - Professor Avaliador de Banca - Universidade Federal de Goiás (01567601000143), em 06/08/2024 17:31:52.
- Tiago do Prado Paim, MEDICO VETERINARIO, em 06/08/2024 17:32:34.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/07/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 617063  
Código de Autenticação: 97047480cd



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**DIVERSIDADE VEGETAL E ANIMAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA  
PECUÁRIA FLORESTA**

Autora: Natália Nogueira Fonseca  
Orientador: Tiago do Prado Paim

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia – Área de Concentração em Zootecnia/Recursos Pesqueiros.

APROVADA em 06 de agosto de 2024.

Dra. Kátia Aparecida de Pinho Costa  
Avaliadora interna  
IF Goiano/RV

Dra. Eliane Sayuri Miyagi Okada  
Avaliadora externa  
UFG

Dr. Tiago do Prado Paim  
Presidente da banca  
IF Goiano/RV

Documento assinado eletronicamente por:

- Tiago do Prado Paim, MEDICO VETERINARIO, em 06/08/2024 17:33:42.
- Eliane Sayuri Miyagi Okada, Eliane Sayuri Miyagi Okada - Professor Avaliador de Banca - Universidade Federal de Goiás (01567601000143), em 06/08/2024 17:32:30.
- Katia Aparecida de Pinho Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 06/08/2024 17:29:04.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/07/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 617065

Código de Autenticação: 2318b2f6a7



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –  
CAMPUS RIO VERDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**DIVERSIDADE VEGETAL E ANIMAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-  
PECUÁRIA-FLORESTA**

Autora: Natália Nogueira Fonseca  
Orientador: Prof. Dr. Tiago do Prado Paim

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde.

Rio Verde - GO  
Julho - 2024

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Jairo Fonseca e Maria Consuelo, por todo o amor e apoio.

Ao meu orientador Prof. Dr. Tiago do Prado Paim, por quem tenho enorme admiração.

A equipe do Laboratório de animais de grande porte, ao Durcinei, Geraldo, Alexandre e Edium, pela colaboração no decorrer do projeto.

Aos professores Dr. Charlys Roweder, Dr. Karen Leão e Dr. Leandro Carlo, pela paciência e ensinamentos.

Ao todo grupo de estudo INOVASIPA por compartilhar informações e experiência. A todos do laboratório Vanessa, Josilene, Rafaela, Isadora, Iago, Pedro, Weila, Lucas, Patrick e Guilherme, que foram fundamentais para materializar o projeto.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde e ao programa de Pós-graduação em Zootecnia.

Aos membros da banca Prof. Dr. Kátia Costa e Prof. Dr. Eliane Sayuri.

Enfim, a todos aqui citados, que Deus atenda suas aspirações e desejos, recompensando abundantemente a generosidade de vocês.

### **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Natália Nogueira Fonseca, filha de Jairo Fonseca Costa e Maria Consuelo Diniz Nogueira Fonseca. Nasceu em 7 de outubro de 1996, na cidade de Rio Verde-GO, iniciou sua formação profissional no primeiro semestre de 2014, quando ingressou no curso Bacharelado em Agronomia- Campus Rio Verde-GO, enquanto na graduação realizou estágio no laboratório de pós-colheita de produtos vegetais durante 3 anos. Em 2018 concluiu a graduação, ingressou no serviço público como técnica em agropecuária em 2020, e continua exercendo suas atividades. No ano de 2022 ingressou no Programa de Pós-Graduação no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, no mestrado em Zootecnia.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	11
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	15
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	17
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1. Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) no Cerrado .....	19
2.2 Componentes florestais e agrícola em SIPA.....	20
2.3. Componentes que podem ser utilizados em SIPA .....	21
2.4 Diversidade funcional em SIPA .....	23
2.5 Componente animal em SIPA.....	25
2.6 Interação solo-planta-animal-atmosfera .....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	11
3. OBJETIVO .....	19
3.1 Objetivo Geral.....	19
3.2 Objetivos Específicos .....	19
CAPÍTULO I .....	20
Introdução .....	21
Material e Métodos .....	22
Resultados.....	29
Discussões.....	35

Conclusões .....	40
Referências.....	40
CAPÍTULO II.....	44
Introdução .....	45
Material e Métodos .....	46
Resultados.....	53
Discussões.....	71
Conclusões .....	73
Referências.....	74

## ÍNDICE DE TABELAS

### Capítulo I

**Tabela 1.** Média dos resultados da análise de solo referente ao ano de 2021 nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40cm ..... 33

**Tabela 2.** Desempenho do consórcio de Teca e Eucalipto aos 823 dias após o plantio em integração lavoura-pecuária-floresta..... 34

**Tabela 3.** Parâmetros de altura (m), diâmetro da altura do peito (DAP)(cm) e volume (m<sup>3</sup>) de consórcio de árvores de Teca e Eucalipto em integração-lavoura-pecuária-floresta.....34

### Capítulo II

**Tabela 1.** Composição química do concentrado fornecido as vacas leiteiras durante o pastejo em capim-tamani (monocultivo), capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em integração lavoura-pecuária-floresta.....52

**Tabela 2.** Composição química do dossel forrageiro no pré-pastejo em relação aos ciclos de pastejo nos sistemas de pastejo do capim-tamani (monocultivo), capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em integração lavoura-pecuária-floresta.....58

**Tabela 3.** Composição química do leite, produção individual de leite por vaca e por hectare, e produção de leite para 100 kg de peso vivo animal de vacas leiteiras pastejando capim-tamani (monocultivo), capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.....64

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo I

**Figura 1.** Demarcação da área experimental com os renques de árvores e pontos georreferenciados de coleta de dados de solo e produção vegetal. Fonte: Adaptado Google Earth (2024)..... 23

**Figura 2.** Precipitação mensal de setembro de 2022 a junho de 2024 com as respectivas safras de milho consórciada com capim-tamani com a indicação dos meses referentes ao plantio e a colheita.....24

**Figura 3.** Linha do tempo do período experimental da implantação do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.....25

**Figura 4.** Valores médios da área total da resistência a penetração nas diferentes profundidades do solo, 0-10,10-20,20-30,30-40 cm no ano de 2021.....31

**Figura 5.** Valores médio de potencial hidrogeniônico (pH), saturação de bases, capacidade de troca de cátions (CTC) e matéria orgânica (MO) no decorrer dos anos de 2021, 2022 e 2023 nas diferentes profundidades do solo.....33

**Figura 6.** Produtividade do milho e do capim- tamani no decorrer dos anos de 2022, 2023, e 2024 para silagem em integração lavoura-pecuária-floresta.....35

**Figura 7.** Valores médio de cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e potássio (K) no decorrer dos anos de 2021, 2022 e 2023 nas diferentes camadas do solo em sistema de integração lavoura pecuária floresta.....47

### Capítulo II

**Figura 1.** Linha do tempo do período experimental do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com consórcio florestal e forrageiro para produção de silagem no verão e pastejo no inverno.....47

- Figura 2.** Demarcação da área experimental com os renques de árvores e pontos de georreferenciados de coleta de dados de produção agrícola e forrageira. Fonte: Adaptado Google Earth (2024).....48
- Figura 3.** Mapa da área com a divisão dos tratamentos e as repetições (piquetes) de vacas em pastejo de capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim- tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.....50
- Figura 4.** Massa de forragem e altura do capim tamani no pré e pós-pastejo de vacas de quatro ciclos de pastejo nos tratamentos capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.....54
- Figura 5.** Altura da massa de forragem no pré e pós-pastejo de vacas em capim- tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.....55
- Figura 6.** Disponibilidade da massa de forragem nos sistemas de cultivo de vacas em pastejo de tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.....56
- Figura 7.** Composição química média do dossel forrageiro no pré-pastejo vacas em pastejo de vacas leiteiras no tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta considerando todos os ciclos de pastejo.....59
- Figura 8.** Digestibilidade média da massa de forragem dos diferentes sistemas de cultivo de vacas em pastejo de capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta considerando todos os ciclos de pastejo.....60

**Figura 9.** Digestibilidade da massa de forragem dos ciclos de pastejo nos sistemas de cultivo de vacas em pastejo de capim- tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.....61

**Figura 10.** Composição do leite de vacas em pastejo de capim-tamani (monocultivo), consórcio de tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. ....63

**Figura 11.** Taxa de lotação instantânea e média em relação ao sistema de vacas em pastejo de capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.....64

**Figura 12.** Produtividade do milho consorciado com tamani na área total posterior aos pastejo de capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.....65

**Figura 13.** Composição da silagem de milho cultivado em sucessão a pastejo de bovinos leiteiro no capim-tamani (monocultivo), e consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) pastejado por vacas leiteiras e o consórcio pastejado por vacas leiteiras e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta .....66

**Figura 14.** Digestibilidade da silagem de milho (% de degradação do FDN) cultivado em sucessão ao pastejo de vacas em capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.....67

**Figura 15.** Matriz de correlação de Pearson entre o desempenho animal, desempenho e composição vegetal em sistema com pastejo de capim-tamani (monocultivo), consórcio de tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em integração lavoura-pecuária-floresta considerando todos os ciclos de pastejo.....68

**Figura 16.** Biplot PCA do desempenho animal, desempenho e composição vegetal em sistema com pastejo de capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e

guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em integração lavoura-pecuária-floresta considerando a média dos ciclos de pastejo.....69

**Figura 16.** Biplot PCA do desempenho animal, desempenho e composição vegetal e digestibilidade em sistema com pastejo de vacas no capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em integração lavoura-pecuária-floresta considerando a média dos ciclos de pastejo.....70

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

PB	Proteína bruta
NDT	Nutrientes digestíveis totais
CNF	Carboidratos não fibrosos
FDNmo240	Digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica após 240 horas de incubação
FDNmo120	Digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica após 120 horas de incubação
FDNmo30	Digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica após 30 horas de incubação;
EE	Extrato etéreo
Lig	Lignina
FDNmo	Fibra em detergente neutro na matéria orgânica
FDA	Fibra em detergente ácido
MM	Matéria mineral
PD	Proteína digestível
PS	Proteína solúvel
g	Gramas
UA	Unidade animal
PV	Peso vivo
Mg DL	Miligramas por decilitro
Mcal	Megacaloria
M <sup>2</sup>	Metros quadrados
M <sup>3</sup>	Metros cúbicos
t	Tonelada
Fe	Ferro
Al	Alumínio
IMA	Índice médio ano
H	Hidrogênio
COT	Carbono orgânico total

S	Enxofre
Ph	Potencial hidrogeniônico
cm	Centímetros
gaba	Ácido gama-aminobutírico
MS	Matéria seca
N	Nitrogênio
Kg	Quilos
Ha	Hectares
Gee	Gases do efeito estufa
Ipf	Integração pecuária floresta
Ilf	Integração lavoura floresta
Ilp	Integração lavoura pecuária
Ilpf	Integração lavoura pecuária Floresta
%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
C	Carbono
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
m	Metros
P	Fósforo
SSP	Silvipastoril
DAP	Diâmetro da altura do peito
AD	Altura do dossel
MF	Massa de forragem
CCS	Contagem de células somáticas
NUL	Nitrogênio ureico no leite
PIB	Produto interno bruto
VC	Valor cultural
RP	Resistência a penetração
kPa	Kilopascal

## RESUMO

**RESUMO:** No presente trabalho, realizou-se a implantação de um sistema integrado de produção agropecuária em 6 hectares, tendo o consórcio de *Tectona grandis* e *Eucalyptus urograndis* clone I144 como componente florestal, o cultivo de milho consorciado com capim-Tamani no verão para produção de silagem como componente agrícola e a condução do pastejo no período do inverno por vacas leiteiras como componente pecuário. O primeiro capítulo destaca o estudo de caso sobre o processo de implantação do sistema e o segundo capítulo avalia as consequências dos tratamentos impostos na fase pecuária. A implantação das espécies florestais ocorreu de maneira alternada na linha com espaçamento de 2 metros entre árvores e utilizando renques com linhas simples implantadas sobre as curvas de níveis com espaçamento aproximado de 30 metros. A produção madeireira foi avaliada pela mensuração do diâmetro na altura do peito (DAP) e altura das árvores após 823 dias de implantação, sendo determinada a taxa de mortalidade nesse mesmo momento. Ainda, foram mensuradas a produção de milho silagem, forragem do capim e composição química do solo (em 3 profundidades 0-10, 10-20, 20-40 cm) em 14 pontos georreferenciados distribuídos na área experimental. No componente pecuário estabeleceu os seguintes tratamentos: 1) Capim-tamani em pastejo por bovinos leiteiros (monocultivo); 2) Consórcio do capim-tamani com feijão-guandu em pastejo por bovinos leiteiros (consórcio); 3) Consórcio de capim-tamani com feijão-guandu em pastejo simultâneo de bovinos leiteiros e ovinos (biodiverso). Cada tratamento foi representado por 4 repetições (piquetes), totalizando 12 piquetes de aproximadamente 0,5 hectare (ha) cada. Foram utilizadas quatro vacas leiteiras em lactação para os tratamentos de monocultivo e consórcio e três vacas e 11 ovinos para o tratamento biodiverso. Posterior a fase pecuária foi estabelecido novamente o consórcio de milho com capim-tamani para produção de silagem em toda a área. Na fase pecuária foram analisados a composição e produção do leite, a disponibilidade e composição da forragem e na fase lavoura a produção e composição da silagem. Ao longo dos anos, observaram incrementos em relação à matéria orgânica, pH, capacidade de troca catiônica, saturação

de bases, magnésio e cálcio no solo. No entanto, é possível melhorar ainda mais a fertilidade do solo aumentando as doses de fósforo e potássio. A produção de silagem pode ser aumentada não apenas com o aumento das doses de fósforo e potássio, mas pela seleção de um híbrido mais resistente à cigarrinha e com maior potencial produtivo, além de aprimorar o controle fitossanitário. Quanto ao componente pecuário, não houve diferenças em produção de leite por área, sendo que o sistema biodiverso proporcionou o pastejo por ovinos além da produção de leite. Assim, destaca-se o potencial que esse sistema pode ter para melhorar o aproveitamento da forragem e, conseqüentemente, a eficiência de uso da terra.

**Palavras-chave:** cadeia produtiva, animais, biodiversidade.

## ABSTRACT

**ABSTRACT** – In the present study, an integrated agricultural production system was set up implemented on 6 hectares, with the consortium of *Tectona grandis* and *Eucalyptus urograndis* clone I144 as the forestry component, corn cultivation intercropped with tamani grass in the summer for silage production as the agricultural component, and dairy cows grazing during the winter as the livestock component. The first chapter highlights a case study about the process of system implementing the system, and the second chapter evaluates the consequences of the treatments applied during the livestock phase. The forest species were planted alternately in rows with 2-meter spacing between trees, using single-row strips planted along the contour lines with approximately 30-meter spacing. Timber production was assessed by measuring the diameter at breast height (DBH) and the height of trees at 823 days after planting, with the mortality rate determined at the same time. In addition, corn silage production, tamani grass forage, and soil chemical composition (at three depths: 0-10, 10-20, 20-40 cm) were measured at 14 georeferenced points distributed across the experimental area. The livestock component established the following treatments: 1) Tamani grass with dairy cattle grazing (monoculture); 2) Tamani grass intercropped with pigeon pea with dairy cattle grazing (consortium); 3) Tamani grass intercropped with pigeon pea with simultaneous dairy cattle and sheep grazing (biodiverse). Each treatment was represented by 4 repetitions (paddocks), totalling 12 paddocks of approximately 0.5 hectares (ha) each. Four lactating dairy cows were used for the monoculture and consortium treatments, and three cows and 11 sheep for the biodiverse treatment. After the livestock phase, the corn-tamani grass consortium for silage production was reestablished across the entire area. During the livestock phase, milk composition and production, forage availability and composition were analysed, and during the crop phase, silage production and composition were evaluated. Over the years, increases in organic matter, pH, cation exchange capacity, base saturation, magnesium, and calcium in the soil were observed. However, soil fertility could be further improved by increasing phosphorus and potassium doses. Silage production can be increased not only by increasing phosphorus and potassium doses but also by selecting a more resistant corn hybrid with greater yield potential, in addition to improving pest control. As for the

livestock component, there were no differences in milk production per area, with the biodiverse system allowing for sheep grazing in addition to milk production. Therefore, the potential of this system to improve forage utilization and, consequently, land use efficiency is highlighted.

**Key words:** Supply chain, animals, Biodiversity

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) envolve sistemas produtivos diversificados que contemplam a produção de alimentos, fibras, energia, produtos madeireiros e não madeireiros, de origem vegetal e animal, realizados para otimizar os ciclos biológicos das plantas e dos animais, bem como dos insumos e respectivos resíduos (Balbino *et al.*, 2011). Carnevalli *et al.* (2017) apontaram que os sistemas de integração com o componente arbóreo levam à melhoria do conforto térmico ao fornecer sombra para o gado, pois oferecem ambiente com temperatura mais amena, e melhoria do valor nutricional da forragem.

As gramíneas forrageiras utilizadas no sistema devem ser tolerantes ao sombreamento e com produção de massa seca satisfatória, e deve atentar para a altura adequada de pastejo, fator importante para a rebrota e qualidade da forragem. Pode-se realizar o consórcio entre gramíneas e leguminosas, favorecendo a qualidade da alimentação dos animais, além de maior ciclagem de nutrientes no solo, fixação de nitrogênio atmosférico e aumento no sequestro de carbono (Almeida, 2010).

Os animais a serem utilizados no sistema podem ser bovinos ou pequenos ruminantes, a depender do modelo a ser adotado e da fase de desenvolvimento do sistema integrado. Os animais podem ser alocados no sistema quando as árvores estiverem suficientemente desenvolvidas (Almeida, 2010). A melhoria do bem-estar animal com o fornecimento de sombra, em sistemas de ILPF, é um dos benefícios mais facilmente percebidos, sendo que os animais preferem pastear sob a copa das árvores nas horas mais quentes do dia (Alves, 2012).

Pode haver reduções de 10 a 50% na produção de leite, devido ao estresse por calor e reduções de até 10% no consumo de matéria seca de bovinos de corte, quando a temperatura ambiente eleva-se de 25°C para 30°C (Barbosa Filho *et al.*, 2010). O componente animal beneficia da melhor qualidade do ambiente da pastagem arborizada, uma vez que a presença de árvores nos ambientes ameniza a influência microclimática sobre a produção de leite dos animais (Domiciano *et al.*, 2018).

A escolha de plantas forrageiras é crucial na produção de silagem entre as diversas opções, o milho é uma das culturas mais utilizadas no Brasil, destacando-se pelo alto rendimento de massa verde, excelente qualidade de fermentação e preservação do valor nutritivo da massa ensilada (Scheler e Cavichioli, 2021).

Para maximizar o valor agregado da produção de silagem de milho, é possível diluir custos através da adoção de cultivos consorciados com outras forrageiras como *Panicum maximum*, que aumentam a produção de massa seca (Costa *et al.*, 2015). Além disso, sistemas consorciados de milho com espécies do gênero *Brachiaria* também são eficazes para aumentar a produção de silagem ou pastagem, melhorando a eficiência no uso da terra (Pariz *et al.*, 2017).

Durante o período seco, a produção de leite pode ser reduzida pela deficiência na suplementação alimentar dos animais, tanto em quantidade quanto em qualidade nutricional (Costa *et al.*, 2015; Neves *et al.*, 2018). Nesse contexto, o uso de leguminosas pode ser recomendado. As características morfogênicas das leguminosas favorecem o desenvolvimento de lâminas foliares com alto teor de proteína, tornando-as opções valiosas para a formação de bancos de proteínas, especialmente durante o período seco (Lempp, 2013). A inclusão de leguminosas forrageiras nos sistemas de produção também pode trazer benefícios como a fixação de nitrogênio no solo, reduzindo os custos com adubação e diversificando a produção quando utilizadas forrageiras lenhosas (Lira *et al.*, 2006).

Segundo Gomes *et al.* (2011) as gramíneas forrageiras tropicais do gênero *Megathyrsus* merecem lugar de destaque nesse processo de intensificação dos sistemas de produção em pastagem no Brasil, pela boa adaptabilidade a climas tropicais e elevada produtividade. Em especial o capim-tamani, lançado recentemente pela Embrapa possui porte baixo, elevado vigor de rebrota e boa produção de folhas (Machado *et al.*, 2017).

O feijão-guandu uma planta arbustiva anual ou semiperene, com a altura variando entre dois e três metros, cujo florescimento ocorre até 120 dias após a semeadura, com bom desenvolvimento numa faixa de temperatura entre 20 e 40°C durante o ciclo em regiões com precipitação entre 500 mm e 1.500 mm por ano (Bogdan, 1977). O sistema radicular profundo e vigoroso torna-o capaz de resistir ao estresse hídrico, permitindo o rompimento de camadas mais adensadas ou compactadas do solo, o chamado “pé-de-arado”, atributo este que garantiu a intitulação de “arado biológico” (Nêne e Sheila, 1990).

Hipótese: I- a implantação do sistema irá proporcionar importantes incrementos na fertilidade do solo com acúmulo de carbono orgânico II- que a inclusão do feijão-guandu e o pastejo integrado de bovinos e ovinos simultaneamente aumente a

produtividade da cultura em sucessão, a disponibilidade de forragem e produção e composição do leite.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) no Cerrado**

Segundo Balbino *et al.* (2011), os sistemas de integração podem ser classificados e definidos em quatro grandes grupos distintos de produção: a) Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou Agropastoril: sistema de produção que integra o componente agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área e em um mesmo ano agrícola ou por múltiplos anos; b) Integração Pecuária-Floresta (ILPF) ou Silvipastoril: sistema de produção que integra o componente pecuário (pastagem e animal) e o componente florestal, em consórcio; c) Integração Lavoura-Floresta (ILF) ou Silviagrícola: sistema de produção que integra o componente florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas (anuais ou perenes); d) Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) ou Agrossilvipastoril: sistema de produção que integra os componentes agrícola, pecuário e florestal em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área.

Atualmente, os modelos de ILPF possuem o foco na integração e manejo de componentes produtivos, gerando e aumentando a sinergia entre as áreas integradas. Apesar dos diferentes arranjos de sistemas o foco principal é a intensificação sustentável do processo (Moraes *et al.*, 2018; Carvalho *et al.*, 2018). Os sistemas integrados de produção agropecuária consistem na implantação de diferentes atividades (pecuária, agricultura e silvicultura) na mesma área, em consórcio, sucessão ou rotacionado, aproveitando as sinergias existentes entre elas.

Na intensificação sustentável, princípios e práticas para aumentar a eficiência dos recursos naturais são postulados, seja pelo aumento das sinergias dos mais diferentes processos agrícolas ou pela otimização do uso desses recursos por meio da redução das perdas (Adegbeye *et al.*, 2020). A interação dos componentes destas atividades requer manejo desafiador, devido à dinâmica e a complexidade dos sistemas. Portanto, a integração favorece a utilização mais efetiva de todos os fatores bióticos e abióticos de produção, aumentando a produtividade e a rentabilidade (Lima e Gama, 2018; Soares *et al.*, 2018). É uma das formas da utilização da terra ambientalmente adequada, que também

valoriza a paisagem. Sistemas ILPF preconizam a diversificação das atividades agrícola, pastoril e florestal, melhorando a utilização dos recursos ambientais (Balbino *et al.*, 2011).

Moraes *et al.* (2014) relataram que os sistemas integrados de produção envolvem interações temporais e espaciais em diferentes escalas com a exploração animal e agrícola dentro da mesma área, simultânea ou em rotação ou sucessão, sendo que o objetivo é alcançar sinergismo e propriedades emergentes como resultado das interações solo-planta-animal-atmosfera.

O sinergismo que consiste em benefício mútuo verificado entre os componentes dos sistemas de ILPF (solo, planta e animal), é fundamentalmente importante para garantir o desenvolvimento sustentável e o aumento eficiente da produtividade (Lemaire *et al.*, 2014). De acordo com Balbino *et al.* (2019), o sistema ILPF tem como conceito, melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo para o perfeito desenvolvimento do componente planta, além de promover a capacidade de redução da emissão dos gases do efeito estufa, e conseqüentemente, melhorar a produtividade da forragem com qualidade, contribuindo assim, para o maior desempenho animal (Lima; Gama, 2018).

## **2.2 Componentes florestais e agrícola em SIPA**

A Integração Lavoura Pecuária Floresta compreende pela junção das modalidades arbórea e pecuária. O componente florestal, agrícola e pecuário agem concomitantemente possuindo caráter sustentável por apresentar produtividade e rentabilidade de 10% a 30%, quando aplicados a lavouras de culturas anuais é três vezes maior para pecuária de corte em relação a produção tradicional (Guimaraes e Cailil, 2017). Em estudo comparando diversos sistemas de integração, Silva *et al.* (2016) verificaram que tanto o sistema Santa Fé quanto o ILPF proporcionam produtividade de grãos elevadas não diferindo entre si. Os autores inferiram que ambos os sistemas possibilitaram maior produção por indivíduo, calculando a produtividade (kg/ha) em razão do estande (plantas/ha), ou seja, perto de 0,14 kg/planta, sendo essa produção a cerca de 36% superior a obtida no sistema convencional em cultivo de milho.

O milho é cultivado em praticamente todo o território nacional. Cerca de 77% da área plantada e 92% da produção concentraram-se nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, sendo que a região Sul participou com 42% da área e 53% da produção; Sudeste com 19% da área e 19% da produção e Centro-Oeste com 15% da área e 19% da produção.

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Na realidade, o uso do milho em grão como alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo (Duarte *et al.*, 2021).

A região subtropical brasileira caracteriza-se como grande produtora de grãos, carne e leite com utilização intensiva do solo. Do total da área ocupada com grãos, 88 % (15,7 milhões ha) são cultivados no verão e somente 12 % (2,1 milhões ha) no inverno. Dentre os sistemas integrados que integram a pecuária e a lavoura, dois destacam-se no ambiente tropical: integração soja e milho no verão e pastagem (pastejo) no inverno (Anghinoni *et al.*, 2013). A integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) destaca-se pelo potencial das culturas de milho e sorgo, tanto na produção de grãos quanto na produção de silagem. Essas culturas são versáteis e adequadas para propriedades de todos os tamanhos, desde pequenas fazendas familiares até grandes empresas agrícolas com alto nível tecnológico (Alvarenga *et al.*, 2010).

Várias são as espécies arbóreas com potencial para compor sistema de ILPF, pinus, teca, acácia e seringueira, entretanto o eucalipto tem sido a mais utilizada, principalmente pelo potencial de crescimento, diversidade de utilização da madeira e crescimento monopodial (Lopes *et al.*, 2021). Além disso, apresenta oferta de clones adaptados aos diferentes biomas brasileiros (Gontijo Neto *et al.*, 2014). Sua arquitetura de copa monopodial proporciona menor influência do sombreamento das plantas nas proximidades (Kishel, 2019).

### **2.3. Componentes que podem ser utilizados em SIPA**

O sistema integrado de produção SIPA podem contribuir para, além de aumentar a produção de alimentos conforme esperado e preciso, recuperar áreas degradadas, promover a manutenção e reconstituição da cobertura florestal, auxiliar na adoção de boas práticas agropecuárias. Além disso, colabora para valorização dos serviços ambientais oferecidos pelos agroecossistemas, tais como: conservação dos recursos hídricos e edáficos; abrigo para os agentes polinizadores; fixação de carbono; redução da emissão de gases de efeito estufa e reciclagem de nutrientes (Balbino *et al.*, 2011).

Richart *et al.* (2010) consideraram que o consórcio entre espécies é uma alternativa favorável, buscando unir benefícios, como aproveitamento das máquinas utilizadas na implantação da cultura de rendimento econômico para a implantação de culturas intercalares, tendo como objetivo reduzir a infestação de plantas daninhas,

umentar o nível da matéria orgânica, que resulta em favorecimento da fertilidade do solo e retenção de água no solo.

O consórcio entre milho e gramíneas tropicais vem demonstrando resultados satisfatórios para incremento da biomassa e manutenção da palhada no solo, e produção de pasto ou silagem (Mateus *et al.*, 2020; Costa *et al.*, 2021; Modesto *et al.*, 2021). A silagem de milho é amplamente utilizada na alimentação de ruminantes (Vilela *et al.*, 2016) e tem como principais vantagens a preservação e o estoque de energia para utilização nos períodos de entressafra (Bessa *et al.*, 2018). Porém, para o atendimento das exigências nutricionais dos animais é necessário melhorar seu valor proteico (Faria *et al.*, 2021), assim, a inclusão de leguminosas em consórcio com o milho e forrageiras é uma opção. O guandu-anão (*Cajanus cajan*) é uma opção na melhoria da qualidade nutricional de silagens, além de fazer o aporte de nitrogênio (N) no sistema solo-planta, reduz a poluição ambiental associada as altas adubações com aumento da eficiência de uso da terra (Mateus *et al.*, 2020) e promove diversificação e aumento da atividade biológica do solo (Pascoaloto *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2018).

O consórcio no outono-inverno maximiza a utilização de máquinas das culturas anuais para numa mesma operação implantar as culturas intercalares, que podem ser dessecadas para fornecimento de biomassa para o plantio direto, ou ainda, podem ser utilizadas para pastejo e subsequente cultivo de uma espécie anual como a soja (Ceccon, 2008). O cultivo consorciado de forrageiras com culturas produtoras de grãos proporciona maior disponibilidade de forragem e maior qualidade da nutrição dos animais; principalmente, tendo em vista que o processamento da safra colhida pode gerar subprodutos, que podem ser utilizados em rações para suplementação a pasto ou em confinamento de animais, a custo reduzido (Barros, 2007).

O componente animal, importante nesse sistema, pode apresentar benefícios em pouco tempo, ou seja, a consorciação com espécies forrageiras proporciona a produção de forragem, podendo ser ensilada ou pastejadas pelos animais entre cada ciclo das culturas (Kulagowski *et al.*, 2021). A presença do animal, por sua vez, quando a intensidade de pastejo é manejada adequadamente, respeitando a altura ideal de entrada e saída dos animais de acordo com cada espécie vegetal, pode estimular a renovação de raízes e liberação de exsudatos radiculares, modificando as rotas e a dinâmica da ciclagem de nutrientes no sistema, através do aporte de matéria orgânica no solo, beneficiando a cultura em sucessão (Carvalho *et al.*, 2010; Alves *et al.*, 2020).

Avaliando as interações entre componente arbóreo e forragem, como hábito de crescimento e incidência luminosa, Paula (2017) constatou que o capim do gênero *Brachiaria* apresenta maior produção de massa seca, altura e índice de área foliar quando não há componente arbóreo (ILP), evidenciando que o sombreamento causado por árvores ocasiona prejuízo ao rendimento da forragem. Nos sistemas IPF e ILPF a produtividade dos outros componentes são amplamente alterados, sendo assim, Aranha *et al.* (2019), Cipriani *et al.* (2018) e Ferreira e Costa (2015) verificaram que menor adensamento de árvores proporciona melhores condições de desenvolvimento de lavoura e forragem, por causa do menor sombreamento, e que maior densidade reduz o desenvolvimento.

Os sistemas de produção da pecuária baseados na integração lavoura-pecuária e na integração lavoura-pecuária-floresta proporcionam aumento da produção da biomassa de forragem quando comparados com os sistemas extensivos e manejo não conservacionista de áreas de pastagens. Avaliando a produção anual de forragem em diversos sistemas de produção pecuária, Pezzopane *et al.* (2020) constataram que, na média de dois anos de avaliação, o sistema extensivo produziu 4,85 Mg de matéria seca de forragem por hectare por ano ( $\text{Mg MS ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), contra 13,48  $\text{Mg MS ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  na ILP baseada no processo de renovação da pastagem com a cultura do milho, e 9,67  $\text{Mg MS ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  na ILPF com o eucalipto como sistema arbóreo. No sistema ILPF, a redução da produção de forragem, em comparação ao sistema ILP, foi associada ao elevado sombreamento proporcionado pelas árvores, que pode ser minimizado com o manejo do componente arbóreo (Pezzopane *et al.*, 2020). A presença do componente arbóreo amplia a capacidade de produção de biomassa nos sistemas, em função do potencial de produção das árvores.

## 2.4 Diversidade funcional em SIPA

Medir a diversidade funcional significa medir a diversidade de traços funcionais que estão diretamente ligados aos processos na comunidade natural (Guerra *et al.*, 2022). Conforme Dreyer *et al.* (2020), atributos funcionais são as características fisiológicas dos organismos que estão relacionadas com a resistência a determinada condição ambiental. De forma geral, os atributos funcionais podem ser classificados como natureza aquisitiva, sendo aqueles que representam vantagens competitivas na aquisição de recursos como o tamanho da folha, que garante a obtenção de luz solar e as trocas gasosas, por exemplo,

ou de natureza conservativa, que funcionam na proteção como a densidade básica da madeira (Sterck *et al.*, 2011).

Os sistemas silvipastoril (SSP) constituem variação dos sistemas agroflorestais, usados para produção animal por meio de associações entre árvores e pastagens, em interação com o solo. É uma das modalidades de agrofloresta implementadas em todo o mundo, muito importante sob o ponto de vista produtivo, ambiental e socioeconômico, e seus benefícios incluem sequestro de carbono, conservação do solo e água, segurança alimentar e qualidade ambiental (Hanisch *et al.*, 2019).

Quando ocorre introdução de leguminosas, há contribuição para a fertilidade através da fixação biológica de nitrogênio (Apolinário *et al.*, 2016). Em caso de leguminosa forrageira, a implantação é ainda mais promissora por ser fonte de nutrição animal, com altos níveis de proteínas e minerais, além de maior digestibilidade efetiva das fibras alimentares em relação às gramíneas tropicais (Dubeux Junior *et al.*, 2017; Jose e Dollinger, 2021). Assim, o sistema passa a ter maior sustentabilidade, além do aumento na produtividade primária, reduz a necessidade de fertilização nitrogenada e intensifica o sequestro de carbono (Dubeux Junior *et al.*, 2017).

As leguminosas em consórcio no sistema silvipastoril também promovem melhorias nas qualidades microbiológicas do solo, como estoque de carbono na biomassa microbiana, aumento da atividade enzimática do solo e nas populações de bactérias e fungos em 2 anos, após a implantação do sistema (Sousa *et al.*, 2020). A implantação de leguminosas em pastagens ainda cria heterogeneidade na oferta de alimentos e proporciona a redistribuição dos animais e deposição das excretas, impactando no remanejamento e reciclagem de nutrientes do solo nas pastagens (Dubeux Junior *et al.*, 2017).

Quando se utilizam leguminosas arbóreas como componente florestal, vários autores relataram efeitos benéficos ao sistema como melhoria do microclima no interior do sistema (Dulormne *et al.*, 2004; Dias *et al.*, 2008), dieta equilibrada tendo a leguminosa como fonte de proteína e gramínea como fonte energética (Dulormne *et al.*, 2003), melhor qualidade e persistência das gramíneas forrageiras, aumento da biodiversidade e aumento do carbono orgânico no solo (Dias *et al.*, 2008; Barreto *et al.*, 2012).

Uma abordagem que pode melhorar a eficiência do sistema pecuário em conjunto com adubações de manutenção e ajustar as taxas de lotação é a introdução de leguminosas, como o guandu, na pastagem através da rotação de culturas ou do cultivo consorciado fornecendo forragem com alto valor proteico na época seca do ano (Oliveira

*et al.*, 2017). O guandu desempenha papel importante em sistemas diversificados, sendo utilizado como adubo verde e melhorador de solo em áreas degradadas, sendo incorporado em rotação de culturas pelo potencial de acumulação de nitrogênio, podendo atingir 217 kg de N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Moreira *et al.*, 2003).

Quanto maior a diversidade biológica, quanto maior a escala de tempo com que diferentes arranjos de integração se repetem, e quanto menor o espaço entre os componentes da integração, maior é a possibilidade de ocorrência de sinergismos entre os compartimentos solo-planta-animal em SIPA (Anghinoni *et al.*, 2013).

## **2.5 Componente animal em SIPA**

O componente animal beneficia o sistema integrado através do estímulo à produção de biomassa, aumento da ciclagem de nutrientes, aumento da massa e diversidade microbiana, melhoria nas condições físicas, químicas e da fertilidade do solo (Soares *et al.*, 2018). A inclusão da pastagem com o componente animal aos sistemas pode gerar efeitos positivos ou negativos, dependendo da intensidade de pastejo (Vilela *et al.*, 2011). O ato de colheita da parte aérea da forragem exercida pelo pastejo moderado provoca mudanças na estrutura do dossel da planta, resultando em maior estimulação da produção de biomassa (Silva, 2020).

A escolha do tipo animal deve ser baseada em cadeias produtivas estruturadas. O Brasil possui predominância na utilização de ruminantes nos sistemas integrados, geralmente representada por bovinos de corte, mas também ocorre a utilização de bovinos de leite e pequenos ruminantes (Soares *et al.*, 2018). Os bovinos toleram alimento de baixa qualidade e têm menor seletividade, em relação a ovinos e, principalmente, em relação a caprinos.

Vale ressaltar que o sistema de produção pecuário, especificamente a bovinocultura, é o conjunto de tecnologias e práticas de manejo, bem como o tipo de animal, o propósito e modelo da criação e raça. É caracterizado como sistema complexo e diversificado, não havendo fórmulas e nem recomendações únicas que possam ser largamente aplicadas. Neste sentido, há necessidade de desenvolver cada sistema de produção de acordo com as metas, com as condições de ambiente e de mercado (Abreu *et al.*, 2003).

Bastante difundidos para produção de bovinos de corte e leite, os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta possuem também potencial de adoção para produção de ovinos no Brasil. Estudos realizados pela Embrapa Caprinos e Ovinos

(Tonucci *et al.*, 2020), na Região Nordeste, demonstraram vantagens econômicas e ambientais de sistemas integrados de produção de ovinos.

Os efeitos combinados de exigência nutricional, tamanho do animal e características anatômicas relacionadas ao processo de apreensão de forragem, compõem as bases da distinção dos nichos alimentares que compõem a dieta dos animais. Estes fatores interagem com a estrutura da vegetação determinando o peso e a composição de materiais da planta que podem ser removidos num simples bocado (Murray e Illius, 1996). Isto significa que existe estreita relação entre as características da pastagem (altura, concentração de biomassa e distribuição vertical de partes verdes ou senescentes das plantas) e as características dos animais (massa corporal, relação tamanho/largura do maxilar, relação tamanho animal/tamanho do rúmen) que podem utilizá-la.

Quando presente no sistema produtivo, o animal atua como agente catalisador, alterando série de fluxos e interações, resultando em propriedades emergentes, e, conseqüentemente melhorando a eficiência de uso dos recursos tróficos (Carvalho *et al.*, 2018). A presença animal favorece o desacoplamento de carbono (C) e N, a reciclagem de N ocorre via deposição de urina e fezes, pelo processo de digestão que quebra a ligação entre as moléculas, assim como a rizo deposição é estimulada, contribuindo com o incremento do estoque de carbono no solo, desde que o processo de pastejo seja manejado em intensidades moderadas (Assmann *et al.*, 2003).

A combinação do componente animal sobre pastagens em áreas de produção agrícola, representa a oportunidade de gerar renda e trazer benefícios em relação aos sistemas tradicionais, podendo ser viabilizada, especialmente, pelos melhores valores nutricionais e de conforto térmico oferecido por alguns arranjos de sistemas de integração (Soares *et al.*, 2018; Alves e Caratê e Junior, 2019).

### **2.5.1 Diversidade animal em pastejo em SIPA**

Hofmann (1988) classificou os ruminantes em três classes distintas, de acordo com seus hábitos alimentares: 1) animais que selecionam alimentos concentrados; 2) animais selecionadores intermediários e 3) animais utilizadores de volumosos. Dentro dessa classificação, os ovinos são selecionadores intermediários. Esses pequenos ruminantes são adaptados para consumirem grande variedade de plantas, apresentando comportamento alimentar que pode ser classificado como oportunista, e facilmente modificar as preferências alimentares, de acordo com a disponibilidade de forragem e a estação do ano.

Essa observação vai de encontro com que postularam Silva *et al* (2023), ao afirmarem que os ovinos apresentam comportamento alimentar intermediário, as adaptações anatômicas de suas bocas permitem esse tipo de pastejo, dando preferência a gramíneas, plantas de folha larga, plantas herbáceas e arbustos.

Costa *et al.* (2017) considera o sistema de pastejo misto interessante para a ovinocultura, também conhecido como integração pecuária, que consiste na utilização de mais de uma espécie do componente animal em um dos sistemas ILP. Neste tipo de integração, o pastejo das espécies pode acontecer simultaneamente ou em sucessão, depende dos objetivos do manejo e da espécie animal envolvida. O objetivo dessa técnica é a maximização do uso da forragem, proporcionando o aumento de produção dos animais.

A subdivisão da área em piquetes menores permite aumentar a área efetivamente utilizada pelos animais, uma vez que favorece o pastoreio de áreas que em condições de pastoreio contínuo seriam rejeitadas ou subutilizadas. Desta forma, o animal ingere maior quantidade e variedade de forragens. Além disso, graças à gestão cuidadosa da carga animal, o fornecimento de forragem é estabilizado aumentando a pressão de pastoreio em áreas menos utilizadas e diminuindo em áreas sobre pastoradas, reduzindo o risco de erosão do solo (Steffens *et al.*, 2013).

O pastejo misto pode constituir numa importante alternativa de manejo quando consegue compor as diferentes preferências e exigências dos diferentes animais e o resultado seja, não somente uma amplitude maior no uso da forragem, mas, também maior produção animal. A associação de diferentes características anatômicas (tamanho corporal e aparato bucal), fisiológicas (como exigências nutricionais e tolerância a compostos tóxicos), comportamentais (sociabilidade) e epidemiológicas (tolerância a parasitas) pode levar à complementaridade no uso do recurso forrageiro (Lambert e Guerin, 1989). Araújo Filho (1984), estudando diferentes formas de manipulação da vegetação na caatinga nordestina e integrando com várias opções de combinação animal (bovinos, ovinos e caprinos), reportou que a melhor alternativa de manejo, em muitos sítios do semiárido nordestino, poderia ser o rebaixamento da vegetação lenhosa e pastoreio misto de bovino e caprino. Este autor relaciona o desempenho animal com o tipo de modificação da vegetação nativa. Caprinos produzem mais em vegetação lenhosa rebaixada (corte seletivo da parte aérea de arbustos e árvores a uma altura de 30 cm), enquanto ovinos e bovinos o fazem em caatinga raleada (controle seletivo de árvores e arbustos).

Nolan e Connolly (1977) concluíram que a exploração integrada com uma ou mais espécies aumenta a produção por unidade de área e por animal, em relação à utilização com apenas uma espécie, tanto em condições de clima temperado quanto em clima tropical.

## **2.6 Interação solo-planta-animal-atmosfera**

Os sistemas integrados de produção envolvem interações temporais e espaciais em diferentes escalas com a exploração animal e agrícola dentro da mesma área, simultânea ou desarticulada e em rotação ou sucessão, sendo que o objetivo é alcançar sinergismo e propriedades emergentes como resultado das interações solo-planta-animal-atmosfera (Moraes *et al.*, 2014).

Com o intuito de maximizar a produção e diversificar o cultivo, o emprego de sistema consorciado torna-se uma prática indispensável, uma vez que tem por propósito o cultivo de duas ou mais espécies diferentes na mesma área, simultaneamente (Alves *et al.*, 2018; Qian *et al.*, 2018).

Para o aprimoramento da produção pecuária em áreas integradas deve-se conhecer as respostas das espécies forrageiras ao sombreamento para a adoção de técnicas corretas, garantindo produtividade satisfatória. O sombreamento das gramíneas forrageiras é capaz de modificar características como o alongamento de folhas e de colmos, densidade de perfilhos, área foliar específica, razão parte aérea/raiz e índice de área foliar (Dias Filho, 2000; Gomes *et al.*, 2019).

De acordo com Mercante *et al.* (2004), os efeitos das práticas de manejo nos teores de matéria orgânica do solo são amplamente mediados pela comunidade microbiana, que atua como agente de transformação da matéria orgânica adicionada. A microbiota do solo é a principal responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia no solo (Pelissaro *et al.*, 2020), a biomassa microbiana e sua atividade têm sido apontadas como as características mais sensíveis às alterações na qualidade do solo, causadas por mudanças de uso e práticas de manejo (Trannin *et al.*, 2007).

A ciclagem de nutrientes em ecossistemas naturais é a chave para compreender a estabilidade desses sistemas, na ausência de incremento de nutrientes de fontes externas que são comuns na agricultura e na pecuária (Sousa *et al.*, 2018). Nutrientes podem ser definidos como os elementos orgânicos e inorgânicos (e.g., C, N, P, K) presentes no ecossistema da pastagem. Estes nutrientes ciclam entre diferentes compartimentos do

ecossistema, tais como solo-planta-animal-atmosfera, passando por modificações moleculares tornando-os com maior ou menor disponibilidade para utilização pelos microrganismos do solo, comunidade vegetal e animais em pastejo (Adami e Soares, 2009; Gomide *et al.*, 2003).

Ruggieri *et al.* (2020), em estudo com sete anos de duração, avaliando os efeitos das intensidades de pastejo de bovinos de corte sob lotação contínua em sistemas intensificados de produção a pasto com diferentes manejos de altura de *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) *brizantha* cv. Marandu, observaram efeitos significativos sobre as massas de forragem anual e nas proporções de folha e colmo. Na média dos anos, a massa de forragem aumentou linearmente com as alturas impostas, evidenciando valores de 5230, 7810 e 9860 kg de matéria seca/hectare para as alturas de 0,15, 0,25 e 0,35 m, respectivamente. Enquanto os resultados da composição morfológica evidenciaram que a proporção média de folhas diminuiu linearmente de 40,0 para 37,5% com o aumento da altura do pasto, e a proporção de colmo aumentou linearmente de 42,6 para 45,2% para as alturas de 0,15, 0,25 e 0,35 m, respectivamente.

O correto estabelecimento da frequência de desfolha, regulando o comportamento ingestivo dos animais (tamanho e taxa de bocado e o tempo de pastejo, por exemplo) por meio da utilização de parâmetros, considerando as relações de “causa-efeito” entre as interações dos componentes do sistema e através do controle das taxas de lotação e dos períodos de “ocupação” e “descanso” (quando em regimes intermitentes), permite realizar manejos conscientes entre as alturas máximas e mínimas das espécie forrageiras, evitando perdas produtivas e proporcionando acúmulo de forragem para um novo ciclo de pastejo (Costa e Queiroz, 2013). Assim, é possível otimizar a produção forrageira e gerar efeitos benéficos tanto ao desempenho animal quanto à pastagem (Ruggieri *et al.*, 2020).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ABREU, U. G. P.; CEZAR, I. M.; TORRES, R. A.** Análise bioeconômica da introdução de período de monta em sistemas de produção de rebanhos de cria na região do Brasil Central. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, n. 5, p. 1198-1206, 2003.

**ADAMI, P. F. e SOARES, A. B.** Ciclagem de nitrogênio em pastagem. *Sistema de produção agropecuário*. UTFPR, 2009.

**ADEGBEYE, M. J. et al.** Sustainable agriculture options for production, greenhouse gases and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations: an overview. *Journal of Cleaner Production*, v. 242, p. 118319, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118319>.

**ALMEIDA, R. G.** Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. Mato Grosso do Sul: EZOOMS, 2010. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Almeida-4/publication/263376989\\_SYSTEMAS\\_AGROSSILVIPASTORIS\\_BENEFICIOS\\_TECNICOS\\_ECONOMICOS\\_AMBIENTAIS\\_E\\_SOCIAIS/links/00b7d53ab044065a38000/SISTEMAS-AGROSSILVIPASTORIS-BENEFICIOS-TECNICOS-ECONOMICOS-AMBIENTAIS-E-SOCIAIS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Almeida-4/publication/263376989_SYSTEMAS_AGROSSILVIPASTORIS_BENEFICIOS_TECNICOS_ECONOMICOS_AMBIENTAIS_E_SOCIAIS/links/00b7d53ab044065a38000/SISTEMAS-AGROSSILVIPASTORIS-BENEFICIOS-TECNICOS-ECONOMICOS-AMBIENTAIS-E-SOCIAIS.pdf). Acesso em: 19 abr. 2024.

**ALVARENGA, R. C. et al.** Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras, 2010.

**ALVES, H. K. M. N.; JARDIM, A. M. R. F.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F.** The application of agrometeorological techniques contributes to the agricultural resilience of forage cactus: a review. *Amazonian Journal of Plant Research*, v. 2, n. 3, p. 207-220, 2018.

**ALVES, F. V. e CARATÊ JUNIOR, N.** Benefícios da sombra em sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta nos trópicos. In: **BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D.** (org.). *ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*. Brasília, GO: Embrapa, 2019. p. 525-541.

**ALVES, F. V.** O componente animal em sistemas de produção em integração. In: **BUNGENSTAB, D. J.** (org.). *Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável*. Brasília: Embrapa, 2012. p. 143-154

**ALVES, L. A.; DENARDIN, L. G. de O.; MARTINS, A. P.; BAYER, C.; VELOSO, M. G.; BREMM, C.; CARVALHO, P. C. de F.; MACHADO, D. R.; TIECHER, T.** The effect of crop rotation and sheep grazing management on plant production and soil C and N stocks in a long-term integrated crop-livestock system in Southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, v. 203, n. March, p. 104678, 2020.

**ANGHINONI, I. et al.** Abordagem sistêmica do solo em Sistemas Integrados de Produção Agrícola e Pecuária no subtropico brasileiro. *Tópicos em Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 8, n. 2, p. 325-380, 2013.

**APOLINÁRIO, V. X. O. et al.** Decomposition of Arboreal Legume Fractions in a Silvopastoral System. *Crop Science*, v. 56, p. 1356-1363, 2016.

**ARANHA, H. S. et al.** Produção e conforto térmico de bovinos da raça Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 71, p. 1686-1694, 2019.

**ARAÚJO FILHO, J. A.** Pastoreio múltiplo. In: **PEIXOTO, M. A.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P.** (org.). *Anais do 7º Simpósio sobre manejo da pastagem*. Piracicaba, SP: FEALQ, 1984. p. 209-233.

**ASSMANN, A. L.** Adubação nitrogenada de forrageiras de estação fria em presença e ausência de trevo branco, na produção animal e da pastagem, em área de integração lavoura-pecuária. *Scientia Agraria*, v. 4, n. 1, p. 88, 2003.

**BALBINO, L. C. et al.** Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1209-1218, 2011.

**BALBINO, L. C.; KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; DE ALMEIDA, R. G.** Sistemas de integração: conceitos, considerações, contribuições e desafios. 2019.

**BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, I. J. O.; MELLACE, E. M.** Ambiência e instalações para novilhas leiteiras. In: **PEREIRA, E. S. et al.** *Novilhas leiteiras*. Fortaleza, CE: Graphiti, 2010. p. 593-632.

**BARRETO, A. C.; CHAER, G. M.; FERNANDES, M. F.** Hedgerow pruning frequency effects on soil quality and maize productivity in alley cropping with *Gliricidia sepium* in Northeastern Brazil. *Soil and Tillage Research*, v. 120, p. 112-120, 2012.

**BARROS, A. L. M. de.** Características e desafios da agricultura brasileira. In: **SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA: RUMO À ESTABILIDADE**, 9., 2007, Dourados. *Anais...* Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. p. 19-31. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 89). Organizado por: Gessi Ceccon e Luiz Alberto Staut.

**BESSA, S. V. et al.** Silage of maize intercropped with grass and pigeonpea subjected to N rates and pasture development in the offseason. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 39, n. 6, p. 2501-2516, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.10.5433/1679-0359.2018v39n6p2501>.

**BOGDAN, A. V.** Tropical pasture and fodder plants - grasses and legumes. London and New York, p. 475, 1977.

**CARNEVALLI, R. A. et al.** Improved grazing activity of dairy heifers in shaded tropical grasslands. *Ciência Rural*, v. 47, n. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160316>. Acesso em: 20 ago. 2024.

**CARVALHO, P. C. F. et al.** Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 88, n. 2, p. 259-273, 2010.

**CARVALHO, P. C. F. et al.** Animal production and soil characteristics from integrated crop-livestock systems: Toward sustainable intensification. *Journal of Animal Science*, v. 96, n. 8, p. 3513-3525, 2018.

**CECCON, G.** Milho safrinha com braquiária em consórcio. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 7 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 140).

**CIPRIANI, H. N.; VIERA, A. H.; PASSOS, A. M. A.; CARMO, C. C. A.; VIEIRA, D.** Crescimento de eucaliptos em dois espaçamentos dentro do renque em sistema LPF. In: **ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA**, 4., 2018, Ribeirão Preto. *Anais*. Brasília, DF: Embrapa; Colombo: Embrapa Florestas, 2018.

**COSTA, J. A. A. da et al.** Sistemas Integrados Sustentáveis na Produção de Ovinos. In: **RIBEIRO, E. L. de A.; NEVES, A. P.; TAGLIATELLA, D. K. de S.; GRANDIS, F. A.; GIOTTO, F. M.; COSTA, L. S. A. da; LEITE, L. da S.** (org.). *E-Book do IV SIMPOVINO - Sistemas Integrados Sustentáveis na Produção de Ovinos*. p. 55. 2017.

**COSTA, J. A. A. e QUEIROZ, H. P.** Régua de manejo de pastagens. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2013. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado técnico, 125).

**COSTA, N. R. et al.** Recovery of 15N fertilizer in intercropped maize, grass and legume and residual effect in black oat under tropical conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 310, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2020.107226>.

**COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A. F.; LOPES, K. S. M.; LIMA, A. E. S.** Custo da produção de silagens em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 62, n. 1, p. 9-19, 2015.

**DUARTE, J. O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C.** Embrapa Milho e Sorgo. Importância econômica. 2021.

**DIAS, P. F. et al.** Estabelecimento de leguminosas arbóreas em pastos de capim marandu e tanzânia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, p. 1413-1419, 2008.

**DIAS-FILHO, M. B.** Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2335-2341, dez. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000001200003>.

**DOMICIANO, L. F. et al.** Performance and behaviour of Nellore steers on integrated systems. *Animal Production Science*, v. 58, n. 5, p. 920-929, 2018.

**DREYER, et al.** Estruturação espacial de traços funcionais de espécies arbóreas em função da distância da borda em Floresta Alto-Montana no sul do Brasil. *Ciência Florestal [online]*, v. 30, n. 3, 2020.

**DUBEUX JUNIOR, J. C. B. et al.** Tree legumes: an underexploited resource in warm-climate silvopastures. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 46, n. 8, p. 689-703, 2017.

**DULORMNE, M. et al.** Seasonal changes in tree–grass complementarity and competition for water in a subhumid tropical silvopastoral system. *European Journal of Agronomy*, v. 21, n. 3, p. 311-322, 2004.

**DULORMNE, M. et al.** Nitrogen-fixation dynamics in a cut-and-carry silvopastoral system in the subhumid conditions of Guadeloupe, French Antilles. *Agroforestry Systems*, v. 59, p. 121-129, 2003.

**FARIA, T. F. R. et al.** Composição bromatológica de silagens de milho comerciais produzidas no Brasil. *Archivos de Zootecnia*, v. 70, n. 269, p. 20-27, 2021.

**GOMIDE, J. A.; CÂNDIDO, M. J. D.; ALEXABDRINO, E.** As interfaces solo-planta-animal da exploração da pastagem. *As Interfaces Solo-Planta-Animal da Exploração da Pastagem*, v. 4, p. 75-116, 2003.

**GOMES, R. A. et al.** Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n. 2, p. 205-211, 2011.

**GOMES, Fagner Junior.** Sistema silvipastoril: respostas agronômicas e adaptação do modelo APSIM para capim-marandu sob lotação contínua. 2019.– Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

**GONTIJO NETO, M. M. et al.** Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em Minas Gerais. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, v. 71, p. 183-191, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.17523/bia.v71n2p183>.

**GUERRA, J. G. et al.** Plant functional diversity is affected by weed management through processes of trait convergence and divergence. *Frontiers in Plant Science*, v. 13, 2022.

**GUIMARÃES, L. E.; CAIALIL, F. N.** Aspectos ecológicos em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). *Revista Tree Dimensional, Pro Floresta*, v. 2, n. 2, 2017.

**HANISCH, A. L. et al.** Evaluating Sustainability in Traditional Silvopastoral Systems (caívas): Looking Beyond the Impact of Animals on Biodiversity. *Sustainability*, v. 11, p. 3098, 2019.

**HOFFMAN, R. R.** Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, v. 78, p. 443-457, 1989.

**JOSE, S. e DOLLINGER, J.** Silvopasture: a sustainable livestock production system. 2021

**KULAGOWSKI, R. et al.** Effects of conservation agriculture maize-based cropping systems on soil health and crop performance in New Caledonia. *Soil and Tillage Research*, v. 212, p. 105079, 2021.

**KICHEL, A. N. et al.** Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro. 2019.

**LAMBERT, M. G.; GUERIN, H.** Competitive and complementary effects with different species of herbivore in their utilization of pastures. In: *Proceedings of the XVI International Grassland Congress*, Nice, France, p. 1785-1789, 1989.

**LEMPP, B.** Anatomia de Plantas forrageiras. In: REIS, R.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (Ed.). *Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros*. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel-ME, p. 26-49, 2013.

**LEMAIRE, G.; HAZARD, C.; MARCHAND, J.** Sinergismo em sistemas de ILPF. *Agroecologia*, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 210-225, 2014.

**LIMA, M. C. D.; GAMA, D. C.** O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: conceitos, desafios e novas perspectivas. *Agroforestalis News*, v. 3, n. 1, 2018. Disponível em: <https://seer.ufs.br/index.php/AGRO/article/view/9752>.

**LIRA, M. A. et al.** Sistemas de Produção de Forragem: Alternativas para Sustentabilidade da Pecuária. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Piracicaba, v. 35, p. 491-511, 2006.

**LOPES, L. C. A. et al.** Desenvolvimento florestal em sistema integrado lavoura-pecuária-floresta. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 11, 2021.

**MACHADO, L. A. Z. et al.** Estabelecimento de forrageiras perenes em consórcio com soja, para sistemas integrados de produção agropecuária. *Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, v. 52, p. 521-529, 2017.

**MATEUS, G. P. et al.** Corn intercropped with tropical perennial grasses as affected by sidedress nitrogen application rates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 116, p. 223-244, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.10.1007/s10705-019-10040>.

**MERCANTE, F. M. et al.** Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária.

**MODESTO, V. C. et al.** Yield and production components of corn under straw of marandu palisade grass inoculated with *Azospirillum brasilense* in the Low-Land Cerrado. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 4, p. 1-11, 2021.

**MORAES, A. et al.** Sistemas integrados de produção agropecuária: conceitos básicos e históricos no Brasil. In: SOUZA, E. D. et al. *Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil*. 1. ed. Tubarão-Copiart, 2018. p. 13-28.

**MORAES, A. et al.** Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. *European Journal of Agronomy*, v. 57, p. 4-9, 2014. DOI: 10.1016/j.eja.2013.10.004.

**MOREIRA, V. F. et al.** Produção de biomassa de guandu em função de diferentes densidades e espaçamentos entre sulcos de plantio. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 5 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 57).

**MURRAY, M. G.; ILLIUS, A. W.** Multivariate analysis of the foraging strategies of African herbivores. *Journal of Animal Ecology*, v. 65, n. 6, p. 761-774, 1996.

**NEVES, D. S. B. et al.** Increasing levels of supplementation for crossbred steers on pasture during the dry period of the year. *Tropical Animal Health and Production*, v. 50, n. 7, p. 1411–1416, 2018.

**NENÊ, Y. L.; SHEILA, V. K.** Pigeonpea: geography and importance. In: NENE, Y. L.; HALL, S. D.; SHEILA, V. K. (Eds.). *The pigeonpea*. Cambridge: CAB International/ICRISAT, 1990. p. 1-14.

**NOLAN, T.; CONNOLLY, J.** Mixed stocking by sheep and steers - a review. *Herbage Abstracts*, v. 47, p. 367-374, 1977.

**OLIVEIRA, P. P. A. et al.** Consorciação com guandu na recuperação de pastagens degradadas, uma tecnologia de duplo propósito: adubação verde e pastejo consorciado diferido. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2017. 6 p. (Embrapa Pecuária Sudeste, Circular técnica, 75).

**PARIZ, C. M. et al.** Silage production of corn intercropped with tropical forages in an integrated crop-livestock system with lambs. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 52, n. 1, p. 54-62, jan. 2017.

**PASCOALOTO, I. M. et al.** Economic analysis of sorghum consortia with forages or with dwarf pigeon pea succeeded by soybean or corn. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, n. 10, p. 833-840, 2017.

**PAULA, N. M. G.** Caracterização do dossel forrageiro e do sombreamento em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em Porto Velho, Rondônia. Embrapa Rondônia. 2017. Tese/dissertação.

**PELLISSARO, H., ZANELLA, M., SANTOS, S., CARDOSO, E., & BRASIL, M.** Atributos microbiológicos do solo como indicadores de conservação das pastagens nativas do Pantanal. Embrapa Pantanal. Capítulo em livro científico, 2020. p. 1-13.

**PEZZOPANE, J. R. M. et al.** Reducing competition in crop-livestock-forest integrated system by thinning eucalyptus trees. *Experimental Agriculture*, v. 56, p. 1-13, 2020b. DOI: 10.1017/S0014479720000162.

**QIAN, X. et al.** Relay strip intercropping of oat with maize, sunflower and mung bean in semi-arid regions of Northeast China: yield advantages and economic benefits. *Field Crops Research*, v. 223, p. 33-40, 2018.

**RICHART, A. et al.** Desempenho do milho safrinha e da *Brachiaria ruziziensis* cv. Comum em consórcio. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 5, n. 4, p. 497-502, 2010.

**RUGGIERI, A. C. et al.** Grazing intensity impacts on herbage mass, sward structure, greenhouse gas emissions, and animal performance: analysis of brachiaria pastureland. *Agronomy*, v. 10, n. 11, 2020.

**SCHELER, E. D.; & CAVICHIOLI, F. A.** Viabilidade de silagem de milho para o gado leiteiro. *Revista Interface Tecnológica*, v. 18, n. 1, p. 265-275, 2021.

**SILVA, A. et al.** Recuperação de pastagem degradada pelo consórcio de milho, *Urochloa brizantha* cv. Marandu e guandu-anão. *Journal of Neotropical Agriculture*, v. 5, n. 2, p. 39-47, 2018.

**SILVA, A. R. et al.** Dinâmica de sistemas integrados de manejo de um solo no desenvolvimento da cultura do milho. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 9, n. 4, p. 859-873, 2016.

**SILVA, Gianni Aguiar da.** Comportamento de pastejo de ovelhas pantaneiras durante seca extrema no Pantanal mediante tecnologias de precisão. 2023.

**SILVA, W. A. L. et al.** Shading effect on physiological parameters and in vitro embryo production of tropical adapted Nellore heifers in integrated crop-livestock-forest systems. *Tropical Animal Health and Production*, v. 52, p. 2273–2281, 2020.

**SOARES, A. B. et al.** Componente animal 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. (eds.). *Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil* (1a. ed., pp. 187-210). Tubarão: Copiart, 2018.

**SOUSA, H. M. et al.** Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. *Pubvet*, v. 12, n. 5, p. 1–9, 2018. DOI: [10.22256/pubvet.v12n5a91.1-9](https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n5a91.1-9).

**STEFFENS, T. et al.** Adaptive Grazing Management for Recovery. *Rangelands*, v. 35, n. 5, p. 28-34, 2013.

**STERCK, F. et al.** Functional traits determine trade-offs and niches in a tropical forest community. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108, n. 51, p. 20627-20632, 2011.

**TONUCCI, R. G. et al.** Sistemas integrados de produção animal no Caatinga: uma nova abordagem. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2020. 13 p. (Embrapa Caprinos e Ovinos. Comunicado Técnico, 203). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/221304/1/CNPC-2020-Art.57.pdf>.

**TRANNIN, I. C. D. B., SIQUEIRA, J. O., & MOREIRA, F. M. D. S.** Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 5, p. 1173-1184, 2007. DOI: [10.1590/S0100-06832007000500032](https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000500032).

**VILELA, L. et al.** Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.

## **3. OBJETIVO**

### **3.1 Objetivo Geral**

Avaliar a adoção de diversidade vegetal e animal em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.

### **3.2 Objetivos Específicos**

Avaliar a fertilidade do solo ao longo dos anos após a implementação de sistema integrado de produção agropecuária;

Avaliar a produtividade vegetal (silagem e madeireiro) ao longo dos anos de implementação de sistema integrado de produção agropecuária;

Avaliar os efeitos da diversidade vegetal e animal sobre a produtividade da cultura em sucessão;

Avaliar a produção de forragem e desempenho produtivo das vacas leiteiras (composição e produção de leite).

## CAPÍTULO I

### **Estudo de caso de implantação de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com consórcio florestal e forrageiro para produção de leite, madeira e silagem**

**RESUMO:** O presente estudo de caso envolve a implantação de um sistema integrado de produção agropecuária em 6 hectares, tendo o consórcio de *Tectona grandis* e *Eucalyptus urograndis clone I144* como componente florestal, o cultivo de milho consorciado com capim-tamani no verão para produção de silagem como componente agrícola e o pastejo no período do inverno por vacas leiteiras como componente pecuário. A implantação das espécies florestais ocorreu de maneira alternada na linha com espaçamento de 2 metros entre árvores e utilizando renques com linhas simples com espaçamento aproximado de 30 metros. A produção madeireira e taxa de sobrevivência das árvores foram avaliadas aos 823 dias de implantação. Ainda, foram mensuradas a produção de milho silagem, forragem do capim e composição química do solo (em 3 profundidades 0-10, 10-20, 20-40 cm) em 14 pontos georreferenciados distribuídos na área experimental. Ao longo dos anos, observaram valores positivos em relação à matéria orgânica, pH, CTC (capacidade de troca catiônica), saturação de bases, magnésio e cálcio. A adoção do sistema de ILPF na implantação do componente florestal enfrentou alguns desafios em relação ao manejo das árvores pela dificuldade de entrar com tratos mecanizados na área. No entanto, é possível melhorar ainda mais a fertilidade do solo aumentando as doses de fósforo e potássio. A produção de silagem pode ser aumentada não apenas com o aumento das doses de fósforo e potássio, mas, também pela seleção de híbrido mais resistente à cigarrinha e com maior potencial produtivo, além de aprimorar o controle fitossanitário.

**Palavras-chave:** recurso madeireiro, forragem, diversidade

## Introdução

A agropecuária brasileira destaca-se como atividade crucial, não apenas pela importância econômica contribuindo para superávit na balança comercial, mas por seu papel fundamental no desenvolvimento econômico, social e ambiental do país. Em 2023, o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil atingiu a marca de 10,9 trilhões de reais em 2023 e a agropecuária foi responsável por 15,1% desse valor, equivalente a 677,6 bilhões (IBGE, 2023). Esses números destacam a relevância do setor agropecuário para o desenvolvimento sustentável do Brasil.

Ressalta-se que a sustentabilidade das propriedades agrícolas é um desafio à competitividade no mercado globalizado. No que diz respeito à abordagem econômica, o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta baseia-se na diversificação das atividades geradoras de renda, com entrada de receitas em momentos distintos, racionalização do uso de recursos e redução do risco de perdas financeiras (Cordeiro *et al.*, 2015).

O Brasil também tem o desafio de conciliar a produção agrícola com a proteção ambiental. Como ator fundamental no mercado agrícola global, espera-se que o Brasil atenda a parcela significativa da demanda mundial por alimentos e energia nas próximas décadas. No entanto, é crucial garantir que a expansão agrícola não represente ameaça para as terras florestais. Em esforço para evitar mais desmatamento e otimizar o uso da terra como um todo, o Governo Federal do Brasil está adotando medidas para direcionar a expansão de pastagens e culturas para áreas já desmatadas e promover práticas agrícolas que possam intensificar a produção de forma sustentável (Arvor *et al.*, 2012).

Em 2005, estima-se que o Brasil possuía cerca de 2 milhões de hectares de sistemas integrados de lavoura, pecuária e floresta (ILPF), e, em 2020 esse número aumentou para aproximadamente 17,4 milhões de hectares (Polidoro, *et al.*, 2020). Considerando que o Brasil tem o total de 177 milhões de hectares de terra coberta por pastagens, dos quais 41% mostram vigor vegetativo médio e sinais de degradação, enquanto 21% exibem vigor vegetativo baixo, indicando degradação severa (UFG, 2022). Nesse sentido, compreender melhor a dinâmica agrícola do país e as características agronômicas e ambientais das atuais pastagens com diferentes níveis de degradação é crucial. Essa compreensão pode fornecer suporte mais sólido para propostas de tomada de decisões relacionadas a políticas públicas regionais e extensão rural (Bolfe *et al.*, 2024).

A integração espacial e temporal de diferentes culturas em sistemas de uso da terra desempenha papel crucial na promoção da ecoeficiência. A alternância e combinação de culturas possibilitam utilização eficiente dos nutrientes, especialmente quando incluem leguminosas no padrão de cultivo, além de facilitar o controle de ervas daninhas, pragas e doenças. A introdução de gado no sistema diversifica as culturas, incluindo pastagens, e enriquece o solo com nutrientes através dos dejetos (Wilkins *et al.*, 2008).

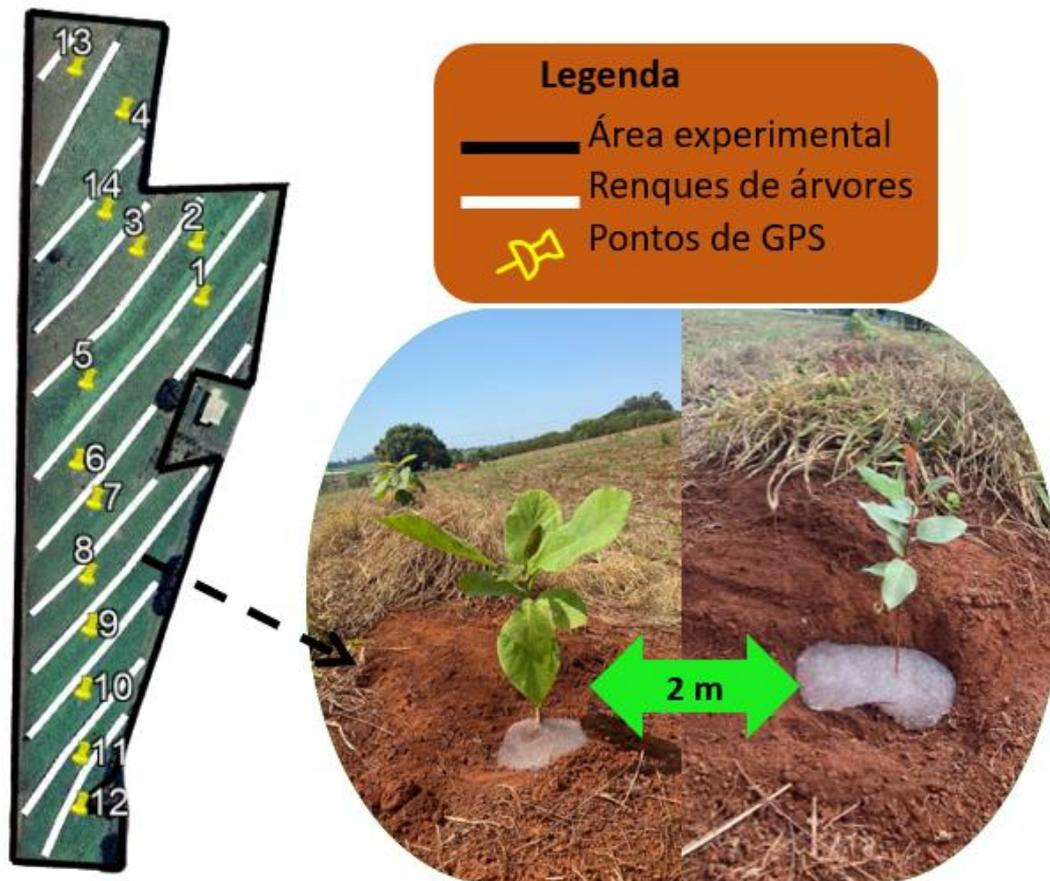
Uma preocupação essencial é a necessidade de desenvolver sistemas de produção sustentáveis que abordem as preocupações sociais sobre os impactos ambientais e o valor nutricional, ao mesmo tempo que garantam a viabilidade econômica para os agricultores. Segundo Sassenrath *et al.* (2009), a produção agrícola sustentável é definida como: “uma abordagem para a produção de alimentos e fibras que seja lucrativa, utilize eficientemente os recursos agrícolas para minimizar os efeitos adversos sobre o meio ambiente e as pessoas, preserve a produtividade natural e a qualidade da terra e da água, e sustente comunidades rurais vibrantes”.

O presente estudo de caso foi desenvolvido no intuito de registrar os desafios para implantação de um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, bem como registrar as produtividades alcançadas. Ainda, avalia-se a hipótese que a implantação do sistema irá proporcionar importantes incrementos na fertilidade do solo com acúmulo de carbono orgânico.

## **Material e Métodos**

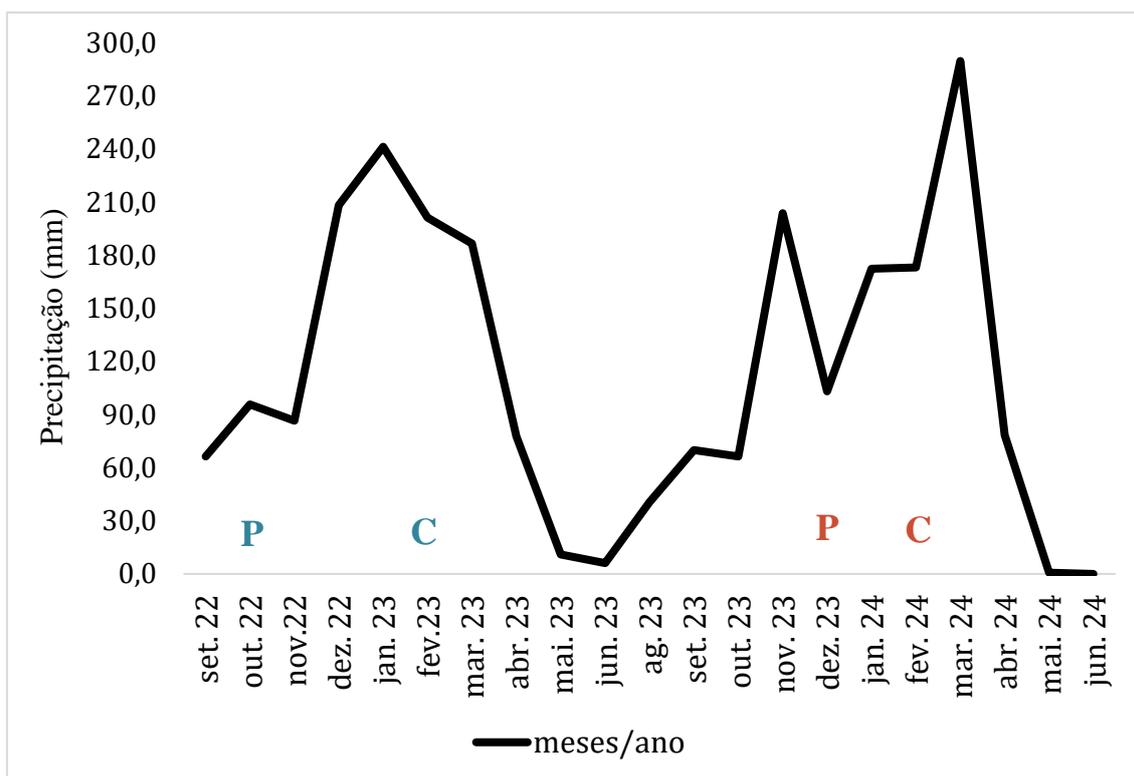
### *Local*

O projeto proposto foi desenvolvido na área agrícola do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, em uma área de 6 hectares. Na Figura 1, a área está delimitada pelo marcador preto, e as linhas brancas representam os renques de linha simples de árvores e os marcadores em amarelo representam os pontos de geolocalização utilizados para coleta de solo, e dados de produtividade agrícola e forrageira.



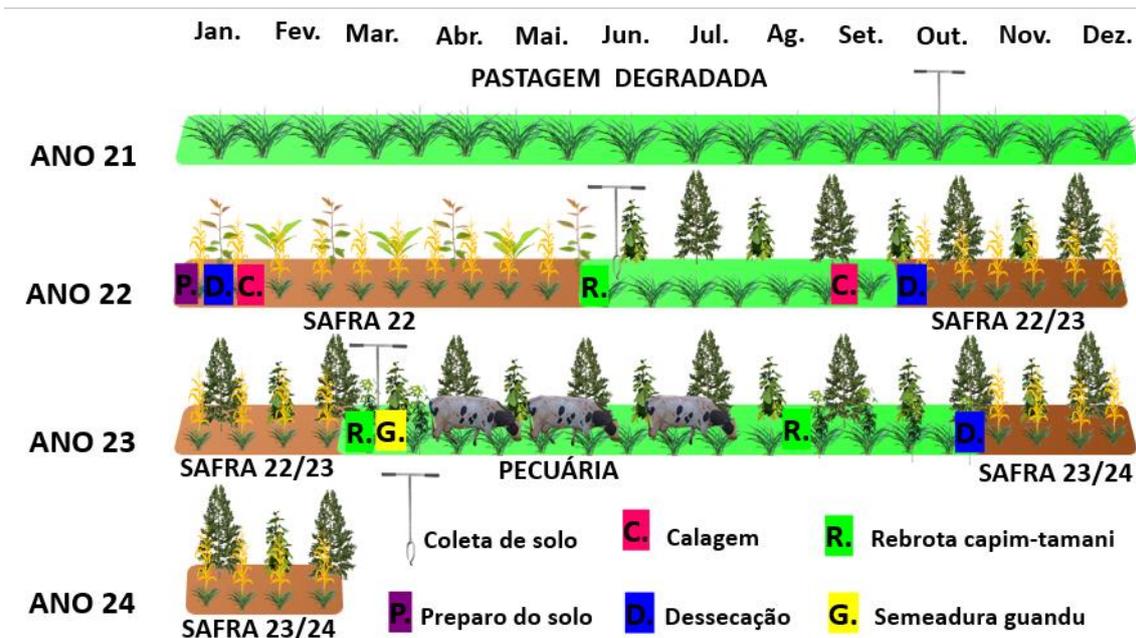
**Figura 1.** Demarcação da área experimental com os renques de árvores e pontos georreferenciados de coleta de dados de solo e produção vegetal. Fonte: Adaptado Google Earth (2024).

A precipitação durante o período de implantação pode ser observada na Figura 2. Os dados referentes a precipitação foram coletados localmente com o uso do equipamento ARABLE MARK 2<sup>®</sup>.



**Figura 2.** Precipitação mensal de setembro de 2022 a junho de 2024 com as respectivas safras de milho consorciado com capim-tamani com a indicação dos meses referentes ao plantio e a colheita. C- colheita, P- plantio, cada cor refere-e a uma safra.

Na Figura 3 tem-se todo o período experimental da implantação do ILPF. No início foi realizada a coleta de solo em outubro de 2021. Em janeiro de 2022, foi realizado o preparo do solo, reconstrução das curvas de níveis e plantio do componente florestal .



**Figura 3.** Linha do tempo do período experimental da implantação do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta

#### *Preparo de área*

Foi realizada a análise de física do solo através do penetrometro e constatou que o solo na profundidade de 20-40 cm estava com resistência a penetração (RP) acima de 2000kPa (Figura 4). Levando em consideração o valor crítico de RP para Latossolo de aproximadamente 2000 kPa (Senra *et al.*, 2007), admitiu-se que a área apresentava problemas de compactação do solo com potencial restritivo ao desenvolvimento radicular das plantas. Assim, realizou-se o preparo da área com a subsolagem a 40 cm e a distribuição de 900 kg/ha de cálcario dolomítico (PRNT 90) conforme a recomendação segundo Souza e Lobato (2004). Posteriormente, realizou-se o revolvimento do solo com grade intermediária 28'' e grade niveladora entre os dias 18 e 19 de janeiro de 2022. No dia 21 de janeiro, realizou-se o terraceamento em curvas de nível, totalizando 13 terraços com distância média de 30 metros.

#### *Análise de solo*

Foram georreferenciados 14 pontos que foram posteriormente utilizados para coletar todos os demais dados de solo e produtividade agrícola (Figura 1). Para a análise química do solo, foram coletadas amostras utilizando um trado, nas camadas de 0-10, 10-

20 e 20-40 cm. Nessas amostras, foram analisados os teores de cálcio (Ca) (Ca = Cálcio trocável em KCl 1 mol/L), magnésio (Mg) (Mg = Magnésio trocável em KCl 1 mol/L), fósforo (P) (P-M1 = Fósforo disponível Mehlich1) e potássio (K) (K = Potássio disponível Mehlich1), além do pH (pH = Potencial hidrogeniônico (H<sub>2</sub>O – CaCl<sub>2</sub>), saturação de bases, capacidade de troca de cátions (CTC) e matéria orgânica (MO) (oxidação a CO<sub>2</sub> por íons dicromato) (Teixeira *et al.*, 2017). A coleta de solo foi realizada em abril nos anos de 2021, 2022 e 2023, logo após a colheita da silagem.

#### *Estabelecimento do componente florestal*

No estabelecimento do componente florestal foram plantados mudas de *Tectona grandis* alternado com mudas de *Eucalyptus urograndis* clone I444 com distância entre as mudas de 2 metros sobre as 13 curvas de níveis. As mudas foram plantadas manualmente com o auxílio de uma cavadeira. Utilizou-se uma régua de 2 metros para indicar a distância de uma cova da outra. Foi distribuído cerca de 500 ml de higrogel em cada cova para assegurar a umidade por um período de tempo maior sem precipitação. O plantio foi realizado no dia 22 de janeiro de 2022 totalizando 746 mudas de Teca e Eucalipto.

Após o plantio das mudas, a área foi monitorada e constatou-se a presença de formigas em toda a extensão. Diante disso, o controle das formigas foi realizado semanalmente com o uso do produto Regent 800 WG®, cujo princípio ativo é o Fipronil. Este atua no sistema nervoso central, especificamente no sistema GABA (ácido gama-aminobutírico), e destaca-se pela sua eficácia (Apperson *et al.*, 1984).

Durante o experimento, foram realizadas duas capinas ao redor das mudas de forma manual, além disso, foi utilizado o herbicida com princípio ativo glifosato para controlar as plantas daninhas.

#### *Coleta de dados para componente florestal*

Foi realizada a coleta de dados morfométricos das árvores no dia 24 de abril de 2024 totalizando 823 dias após o plantio. Para calcular a taxa de mortalidade das árvores realizou a contagem manual de todas as árvores considerando como viva ou morta. Para a mensuração de altura utilizou-se um telemetro laser SNDWAY SW- 1000A e para o diametro na altura do peito (DAP) um paquímetro.

Para o cálculo de rendimento de madeira em m<sup>3</sup> utilizou-se a fórmula a seguir:

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = \left(\frac{\pi \times DAP^2}{4}\right) \times H \times f$$

DAP = diâmetro da altura do peito (cm);

H = altura total da árvore (cm);

f = fator de forma médio.

O fator de forma médio é de 0,61 para árvores até 4 anos de *Tectona grandis* (Figueiredo et al., 2005) e para as árvores de eucalipto segundo Cipriani *et al.* (2015) foi adotado 0,5.

### *Manejo agrícola*

O primeiro ano safra foi semeado no dia 25 de janeiro de 2022 com a cultivar de milho BM3051. Antes da safra 22/23, foi distribuído 1 tonelada por hectare de calcário dolomítico a lanço no dia 1 de setembro de 2022. O milho foi semeado no dia 26 de outubro de 2022 com a cultivar P3858. Na safra 23/24, foi semeado no dia 2 de dezembro de 2023 com a cultivar de milho K7510.

O semeio foi realizado por uma semeadora com espaçamento de 50 cm entre as linhas com média de 3 sementes por metro na safra 21/22 e 22/23. Na safra 21/22 distribuí-se na linha 500 kg/ha de NPK 8-20-18 e, na safra 22/23, 450kg/ha do mesmo formulado. Na safra 23/24, utilizou-se uma semeadora com espaçamento de 45 cm entre a linha com média de 3,5 sementes por metro e distribuí-se 200 kg/ha de adubo NPK 5-25-15 na linha de plantio e a lanço no dia 9 de dezembro distribuí-se 200 kg/ha do mesmo adubo a lanço. As doses de adubo utilizadas foram de acordo com a análise do solo e a recomendação segundo Souza e Lobato (2004) .

Na safra 22, as adubações de cobertura (ureia) foram realizadas em 10 de fevereiro (129 Kg/ha de N) e 25 de fevereiro de 2022 (129 Kg/ha de N), sendo 15 e 30 dias após semeadura, respectivamente. Na safra 22/23, distribuí-se 92 kg/ha de N no dia 09 de novembro de 2023, e 92kg/ha de N no dia 29 de novembro de 2023. Na safra 23/24, 55 kg/ha de N no dia 24 de dezembro de 2023 e 74 kg/ha de N no dia 6 de janeiro de 2023.

Nas três safras, a semeadura do capim-tamani (*Panicum maximum* cv. BRS Tamani) foi realizada simultaneamente a semeadura do milho por meio do equipamento

Semeadora MS-60 ( IKEDA). Esse equipamento foi acoplado na parte dianteira do trator distribuindo as sementes a lanço. Na safra 22 foi regulado para distribuir 5 kg de Sementes Puras Viáveis (SPV)/ha , na segunda safra foram distribuídas 5,5 kg de SPV/ha e na terceira 4 kg de SPV/ha .

Para dessecação, utilizou-se glifosato com a dose de 4 L/ha. Na terceira safra foi adicionado 2,4 D (1,5 l/ha), associado com aplicação sequencial de Helmoquat<sup>®</sup> 2 L/ha, visto que nesta safra além da dessecação do capim-tamani tinha a presença do feijão-guandu. O manejo de pragas e doenças ao longo das três safras foi realizado conforme a necessidade. Na safra 22, foi aplicada variedade de produtos para garantir a saúde das culturas. Utilizou-se o inseticida Keschet<sup>®</sup> na dose de 200 ml/ha em uma pulverização. Na segunda aplicação, utilizou-se fungicida Nativo<sup>®</sup> na dose de 750ml/ha, inseticida Exalt<sup>®</sup> 300 ml/ha, inseticida Galeão<sup>®</sup> 330 g/ha e o óleo mineral Caddet<sup>®</sup> 800 ml/ha. Foi necessária a terceira pulverização com inseticidas 200g/ha Actara<sup>®</sup> , Exalt<sup>®</sup> 100 ml/ha, fungicida Nativo<sup>®</sup> 750 ml/ha e óleo mineral Caddet<sup>®</sup> 800 ml/ha.

Na safra 22/23 foram necessárias 2 pulverizações com inseticida Exalt<sup>®</sup> 100ml/ha, Actara<sup>®</sup> 200g/ha, Regente 800wg<sup>®</sup> 150g/ha, e a segunda com exalt-100ml/ha, Actara<sup>®</sup> 200g/ha, Regente 800 wg<sup>®</sup> 150g/ha, galil 300 ml/ha, fusão 600ml/ha. Na safra 23/24 realizou-se também 2 pulverizações sendo uma com 100 ml/ha Exalt<sup>®</sup>, 700 ml nativo, 300ml Expedition<sup>®</sup>, 0,5 % óleo e a outra 600 ml/ha Fusão<sup>®</sup>, 200 g/ha de Actara<sup>®</sup>, 600ml/ha Galil<sup>®</sup>. Mesmo com as aplicações tinha pressão de cigarrinha em toda área durante o ciclo da cultura

A colheita do milho da safra 22 foi realizada em 3 de maio de 2022. A safra 22/23 foi colhida em 10 de fevereiro de 2023. Logo após a colheita da silagem foi realizada a semeadura do *Cajanus Cajan* cultivar Fava Larga com espaçamento entrelinha de 45 cm e média de 12 sementes por metro no dia 17 de fevereiro de 2023. A colheita da safra 23/24 foi realizada no dia 24 de fevereiro de 2024.

#### *Coleta de dados para a produção de silagem*

Foi realizada a coleta de amostras próxima ao ponto georreferenciado. Essas amostras consistiam na contagem do número de plantas de milho, peso do milho e peso do capim-tamani. Utilizando uma régua milimetrada, contando a quantidade de plantas de milho em área de 2 metros e cortaram aproximadamente 10 centímetros do solo. Da mesma forma, local que o capim-tamani estava presente, cortando a cerca de 10 centímetros de altura do solo. As amostras foram moidas em um triturador forrageiro TRF

70 e subtraído uma amostra representativa, acondicionada em sacos de papel identificado, pesadas antes e após o processo de secagem na estufa de circulação forçada de ar (55°C) até obter o peso constante e extrapolado para kg de massa seca por hectare.

#### *Análise estatística*

Foram realizadas análises descritivas das duas primeiras safras agrícolas e da produção de madeira para esse estudo de caso. O objetivo foi caracterizar os resultados da intervenção na pastagem em degradação e a produtividade das três primeiras safras do sistema, atentando para o desempenho da silvicultura, a fertilidade do solo e a produtividade agrícola.

## **Resultados**

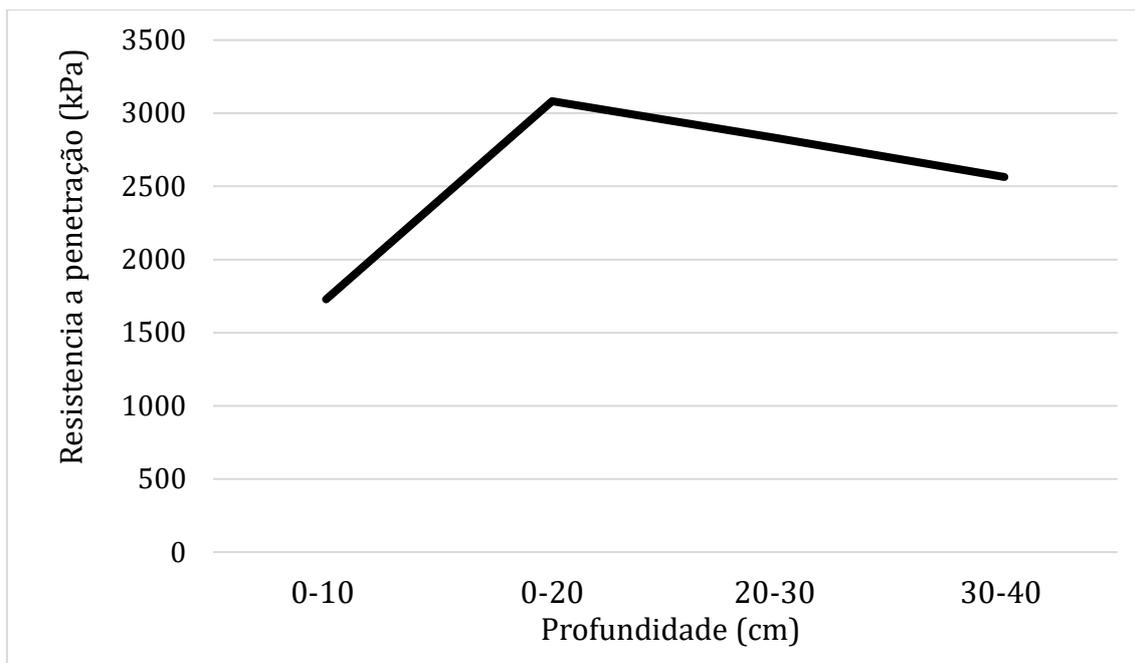
#### *Análise de solo*

Na Tabela 1 tem-se as médias dos resultados da análise do solo referente ao ano 2021 que se utilizou para fazer recomendação de adubação da cultura do milho consorciado com capim-tamani. Na Figura 4 observa-se os resultados de resistência a penetração (RP) do solo em 2021. Neste caso, é possível observar que a RP estava abaixo de 2000 kPa somente na profundidade de 0-10 cm, indicando possível limitação ao crescimento de raízes nas maiores profundidades.

**Tabela 1.** Média dos resultados da análise de solo referente ao ano de 2021 nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 cm.

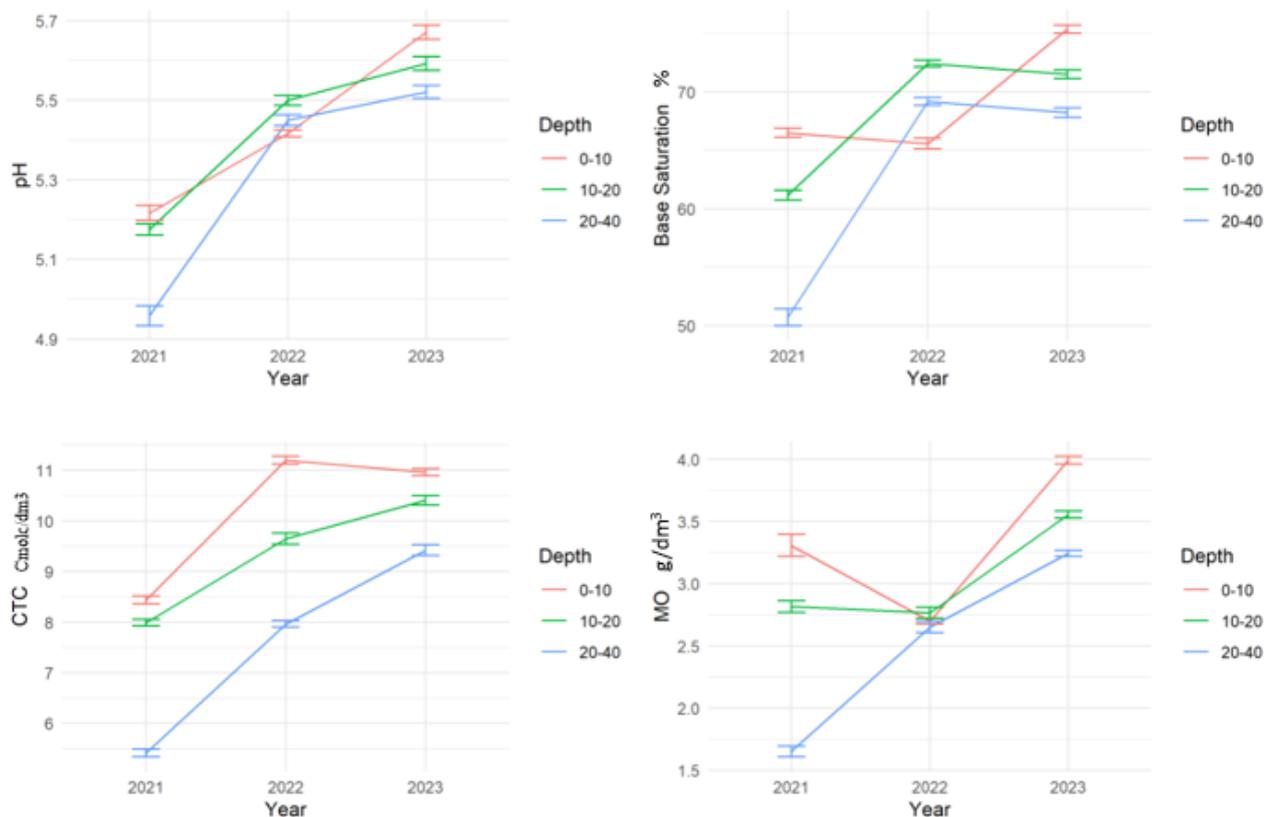
Prof.	Ph	Ca	Mg	CTC	Al	H+Al	Ca+Mg	Ca/Mg	P	K	S. B	M.O	argila	silte	areia
	CaCl <sub>2</sub>	.....(cmolc.dm <sup>3</sup> ).....				.....(mg.dm <sup>3</sup> )...				(%)	.....g.Kg <sup>-1</sup> .....				
0-10 cm	5,2	4,1	1,1	8,4	0	2,8	5,2	3,8	9,5	170,5	66,5	3,3	353,3	83,5	554,2
10-20 cm	5,2	3,5	1,1	8	0	3,1	4,6	3,2	3,1	126,7	61,2	2,8			
20-40 cm	5	2	0,6	5,4	0	2,7	2,6	3,6	1,3	76,2	50,8	1,7			

Ca- cálcio, Mg-magnésio, CTC- capacidade de troca de cátions, Al- alumínio, P-fosforo, K- potássio, S.B- saturação de bases, M.O- matéria orgânica.



**Figura 4.** Valores médios de resistência a penetração nas diferentes profundidades do solo (0-10,10-20,20-30 e 30-40 cm) no ano de 2021.

O pH aumentou ao longo dos anos em todas as profundidades do solo (Figura 5). No ano de 2022, verificou-se que o pH de 0-10cm estava inferior em relação as outras profundidades, ano em que foi realizada a distribuição de 1 ton/ha de calcário. Em relação à saturação de bases, houve aumento nas profundidades de 10-20 cm e 20-40 cm de 2021 para 2022, enquanto a camada superficial apresentou diminuição. Em 2023, a camada superficial teve aumento médio de 10, enquanto as demais profundidades apresentaram leve declínio.



**Figura 5.** Valores médio de potencial hidrogeniônico (pH), saturação de bases, capacidade de troca de cátions (CTC) e matéria orgânica (MO) no decorrer dos anos de 2021, 2022 e 2023 nas diferentes profundidades do solo em sistema de integração lavoura pecuária floresta.

Em 2021, observou-se que a capacidade de troca de cátions (CTC) diminuiu à medida que a profundidade aumentava. Nos anos seguintes, as profundidades de 10-20 cm e 20-40 cm apresentaram aumento na CTC. Na camada superficial, houve aumento na CTC em 2022; no entanto, no ano seguinte, observou-se leve declínio.

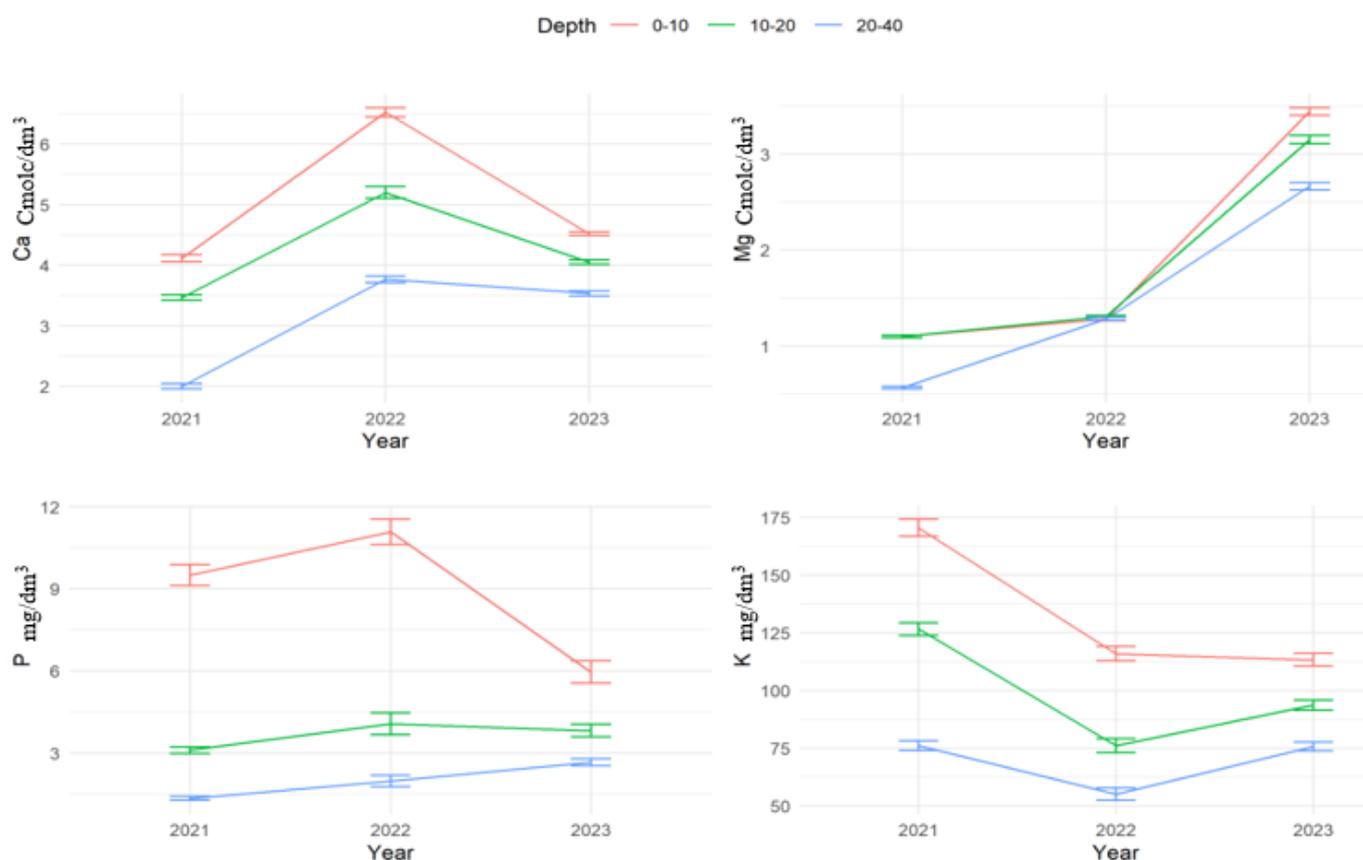
Em 2022, os teores de matéria orgânica nas diferentes camadas de solo ficaram mais próximos entre si. Já em 2023, houve aumento nos teores de matéria orgânica nas três diferentes profundidades. Como esperado, quanto mais profundo o solo, menor o teor de matéria orgânica.

Em relação à saturação de bases, em 2021, observou-se que, à medida que a profundidade aumentava, a saturação diminuía. Em 2022, nas profundidades de 10-20 cm e 20-40 cm, houve aumento na saturação de bases, enquanto na camada de 0-10 cm

ocorreu queda. Em 2023, a saturação de bases na camada superficial aumentou para 70%, enquanto nas camadas mais profundas houve leve declínio.

Em 2022, houve aumento nos teores de cálcio, em 2023, os teores de cálcio diminuíram nas três profundidades, sendo a menor declividade na camada mais profunda, mesmo assim, manteve-se superior em relação a 2021 (Figura 6).

Em 2021, os teores de magnésio nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm mantiveram-se próximos e foram maiores do que na profundidade de 20-40 cm. Em 2022, os teores de magnésio nas três profundidades, também, mantiveram-se próximos, mesmo com o aumento geral. Em 2023, os teores de magnésio aumentaram à medida que aproximavam da superfície.



**Figura 6.** Valores médio de cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e potássio (K) no decorrer dos anos de 2021, 2022 e 2023 nas diferentes camadas do solo em sistema de integração lavoura pecuária floresta.

O teor de fósforo em 2022, houve aumento no teor de fósforo, já em 2023, o teor de fósforo na superfície diminuiu bastante e na profundidade de 10-20 cm, observou-se pequena queda, enquanto na profundidade de 20-40 cm houve aumento. O teor de potássio em 2022, houve queda nos teores de potássio, e em 2023 aumentou.

### *Componente florestal*

Observa-se que a taxa de sobrevivência da teca foi superior ao eucalipto, com 84,4% de sobrevivência (Tabela 2). No entanto, o rendimento de madeira do eucalipto foi superior ao da Teca, assim como o índice médio de volume produzido por ano.

**Tabela 2.** Desempenho do consórcio de Teca e Eucalipto aos 823 dias, após o plantio em integração lavoura-pecuária-floresta.

Espécie	Volume Total (m <sup>3</sup> )	Prod. (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Vivas (ha)	IMA (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	Sobrevivência %
Eucalipto	10,95	1,85	43,51	0,81918	67,3
Teca	0,42	0,07	53,12	0,03142	84,4

\*volume (m<sup>3</sup>): volume de madeira em metros cúbicos de todas árvores, Vivas: quantidade de árvores vivas, Prod. (m<sup>3</sup>. ha); produção de volume de madeira por hectare, Vivas (ha): quantidade de árvores por hectare, IMA (m<sup>3</sup>. ano): índice médio de volume de madeira produzido por ano, Sobrevivência %; taxa de sobrevivência das árvores, SE: desvio padrão.

No decorrer do plantio das mudas, observou a presença de formigas cortadeiras (*Genero Atta e Quenquém*), sendo uma das dificuldades para a implantação de floresta artificiais porque essas são as mais prejudiciais, além de alto custo e dificuldade do controle.

Observa-se que o eucalipto cresceu mais rapidamente que a Teca, alcançando altura média de 6,86 metros, em comparação aos 2,01 metros da teca. Além disso, o diâmetro à altura do peito do eucalipto foi quatro vezes maior do que o da Teca (Tabela 3).

**Tabela 3.** Parâmetros de altura (m ± desvio padrão), diâmetro da altura do peito (DAP,cm) e volume (m<sup>3</sup>) de árvores de Teca e Eucalipto em consórcio em sistema de integração-lavoura-pecuária-floresta.

Espécie	Altura (m)	DAP (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )
Eucalipto	6,86 ± 2,15	11,29±0,24	0,04213±0,002
Teca	2,01 ± 2,09	2,64±0,22	0,00128±0,002

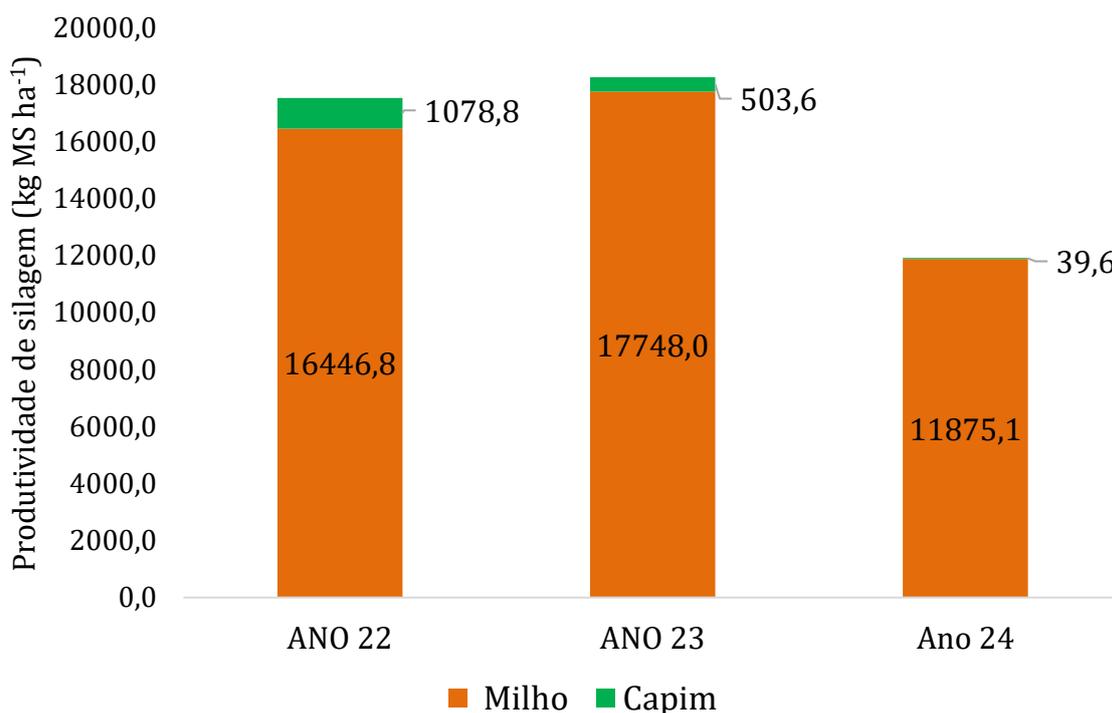
Altura(m): altura das árvores, DAP (cm): diâmetro da altura do peito, Volume (cm<sup>3</sup>): volume das árvores.

### Lavoura

Em 2024, a quantidade de plantas por metro foi a menor registrada,  $3,32 \pm 0,6$ , enquanto em 2022 e 2023 foi observado  $3,5 \pm 0,36$  e  $3,4 \pm 0,53$ , respectivamente.

Observa-se na Figura 5 que, em 2023, obteve-se a maior produtividade de milho, em relação aos demais anos. Em 2022, a produção de capim foi a maior comparada aos outros anos. Em relação à produção de silagem, 2023 também apresentou o melhor desempenho, enquanto 2024 teve o menor desempenho de produção.

Observa-se ainda na Figura 5 que no ano de 2024 que teve o menor desempenho de produção, o plantio foi mais tardio em relação aos outros anos pela dificuldade operacional que acabou atrasando nos manejos fitossanitários da lavoura.



**Figura 5.** Produtividade do milho e do capim (Tamani) no decorrer dos anos de 2022, 2023, 2024 para silagem em integração lavoura pecuária floresta.

## Discussões

### Análise de solo

Como observado no ano de 2021 que ao decorrer da profundidade o pH, saturação de bases, CTC, MO, Ca, P, K diminuíram os respectivos teores, essas variáveis seguem a mesma tendência, uma vez que estão interligados. A mineralização da matéria orgânica é frequentemente expressa como mineralização de carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S) por meio da ação microbiana. O pH do solo controla a mineralização pelo efeito direto na população microbiana e nas suas atividades. Tendo implicações para as funções das enzimas extracelulares que auxiliam na transformação microbiana de substratos orgânicos. Além disso, em pH mais alto do solo, as frações mineralizáveis de C e N aumentam porque a ligação entre os constituintes orgânicos e as argilas é quebrada (Curtin *et al.*, 1998).

O pH encontrado no ano de 2021 na camada superficial estava em torno de 5,2 e para o próximo ano foi realizado a calagem distribuído em média de 1 ton/ha. Segundo descrito por Lindsay (1979), a máxima disponibilidade do fósforo (P) é próximo a pH 6,5, esse pH é considerado ideal para a disponibilidade máxima de P para as plantas, pois nesse intervalo o fósforo tende a estar mais facilmente disponível para a absorção pelas raízes.

No ano posterior a calagem, observou-se que o pH ficou elevado em todas as profundidades para cerca de 5,4, inclusive na camada de 20-40cm que estava em 4.8. A calagem superficial em sistema de plantio direto, em longo período, proporciona aumento no conteúdo de carbono orgânico total (COT) e de nitrogênio total no solo. O aumento do COT está associado ao aumento da saturação por bases e à diminuição da saturação por alumínio, esse aumento no COT eleva a capacidade de troca catiônica potencial e efetiva do solo (Briedis *et al.*, 2012).

O aumento do pH promovido pela calagem resulta na dissociação de  $H^+$  de grupos OH da matéria orgânica, da caulinita e de óxidos de Fe e Al, aumentando a capacidade de troca catiônica efetiva (CTCe) (Alleoni *et al.*, 2005), além disso, a maior disponibilidade de  $Ca^{2+}$  na solução do solo, também resultado da calagem, pode promover a associação argilo-húmica. No presente trabalho, foi observado que, no ano de 2022, a CTC aumentou de 8,5 para 11  $cmolc.dm^{-3}$  na camada superficial, e, também houve aumento nas demais profundidades, entretanto, a matéria orgânica diminuiu nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, mas aumentou na profundidade de 20-40 cm.

A calagem pode fornecer diretamente muitos cátions importantes para a produção agrícola, como o íon cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e o magnésio ( $Mg^{2+}$ ), presentes nos materiais de calagem (Fageria e Nascente, 2014). Além disso, a calagem pode influenciar a

transformação e a absorção de nutrientes pelas plantas através de impacto indireto na comunidade e na atividade microbiana do solo (Fageria, 2002). No presente trabalho, observou-se que os teores de Ca e Mg elevaram-se em todas as camadas do solo.

Em 2022, a saturação de bases na camada de 0-10 cm diminuiu, e o teor de Mg aumentou minimamente. No entanto, nas camadas mais profundas, a saturação de bases aumentou, assim como os teores de Mg, enquanto o Ca aumentou em todas as profundidades. A elevação da saturação por bases e o consequente aumento dos teores de Ca e Mg no solo podem reduzir a absorção de K pelo milho, além disso, o aumento dos teores de K no solo resulta em queda na concentração de Ca e Mg na matéria seca do milho (Andreotti *et al.*, 2000). No presente estudo observou que os teores de K estavam baixos no ano de 2023.

No ano de 2023, apesar de não ter sido realizada a calagem, os valores de pH, saturação de base, CTC, matéria orgânica e Mg elevaram-se em todas as profundidades. Castilhos *et al.* (2000) observaram que a calagem superficial teve efeitos até a profundidade de 0,03 m após 18 meses da aplicação do calcário em pastagem. Weirich *et al.* (2000) analisaram os efeitos do calcário na correção da acidez do solo três meses após a calagem, período durante o qual a precipitação foi de 656 mm. Constataram que a calagem proporcionou aumento nos valores de pH e saturação por bases, reduziu os teores de alumínio e aumentou os teores de cálcio e magnésio trocáveis do solo. Weirich *et al.* 2000, também observaram que o modo de incorporação do corretivo no solo afeta a eficiência em relação à profundidade no perfil.

No milho, os nutrientes apresentam diferentes taxas de translocação entre os tecidos (colmos, folhas e grãos). Em termos de exportação dos nutrientes, o fósforo é majoritariamente translocado para os grãos (77 a 86%), seguido pelo nitrogênio (70 a 77%), enxofre (60%), magnésio (47 a 69%), potássio (26 a 43%) e cálcio (3 a 7%). Quando o milho é colhido para silagem, além dos grãos, a parte vegetativa também é removida, resultando em alta extração e exportação de nutrientes. Para atingir a produção média de 18,65 toneladas por hectare de silagem, são necessários 259 kg/ha de potássio (Coelho, 2006), no trabalho as doses aplicadas de K foram inferiores ao citado, o que implica a redução do K no solo.

O teor de fósforo no solo reduziu nos anos de 2022 a 2023. Segundo CFSEMG (1989) a dose de 90 kg de  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> proporcionou produção de 6,29 t ha<sup>-1</sup> de grãos de milho. A quantidade de fósforo recomendada para a aplicação no sulco de semeadura, considerando o teor do nutriente no solo, 90 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$ , mostrou-se insuficiente para

proporcionar as maiores produções de grãos no experimento, que foram de 7,25 t ha<sup>-1</sup>, para a dose de 135 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e de 6,80 t ha<sup>-1</sup>, para a dose de 112,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. No presente estudo utilizou-se uma dose de 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, não sendo suficiente para elevar os níveis de fósforo no solo.

### *Componente florestal*

A taxa de sobrevivência do eucalipto foi de 67,3%, e é inferior aos valores encontrados em estudos anteriores. Sales *et al.* (2015), avaliaram o *Eucalyptus urophylla* em ILPF e em monocultivo. Esses autores observaram 87,04 % de sobrevivência em ILPF e 93,07% no monocultivo após 12 meses. Esses autores utilizaram o espaçamento de 3x3 m com duas linhas em cada renque e a distância de 22m de cada renque totalizando a densidade de 1080 árvores ha<sup>-1</sup> e no monocultivo de 3x3m obtendo densidade de 592 árvores ha<sup>-1</sup>.

Por outro lado, a taxa de sobrevivência da Teca foi de 84,4%, superior a encontrada por Macedo *et al.* (2005), que relataram taxa de 69,5% de sobrevivência aos 36 meses pós-plantio. De Azevedo *et al.* (2010), na região do estado do Pará, a Teca foi plantada com espaçamento de 3x3m tanto em sistema ILPF como em monocultivo. foram plantadas 4 linhas intercaladas por espaçamento de 50 metros para avaliação selecionaram 320 plantas do sistema ILPF e 110 no sistema monocultivo e observaram que a taxa de sobrevivência aos 12 meses em monocultivo foi de 98% e para ILPF foi de 94% e altura delas após 24 meses foi de 4,69 para ILPF e 4,72 para monocultivo.

Aos 823 dias em relação ao diâmetro à altura do peito (DAP) e à altura da Teca no presente estudo, os valores foram de 2,64 cm e 2,01 m, respectivamente. Em comparação, Pelissari *et al.* (2013) observou que o DAP era cerca de 9,25 cm com altura de 8,19 m e volume de 31,64 (m<sup>3</sup>/ha). Esses autores trabalharam no Mato Grosso em área de 309 ha de monocultivo de Teca no qual foram selecionadas 73 parcelas de 450 m<sup>2</sup> para avaliação aos 3 anos com densidade de 1068 arvores/há. A avaliação média da Teca aos 36 meses pós-plantio revelou os seguintes valores: DAP de 3,7 cm, altura de 3,1 m e volume cilíndrico por árvore de 0,0012 m<sup>3</sup> (Macedo *et al.*, 2005). Esse trabalho foi realizado em Minas Gerais em monocultivo.

Santos *et al.* (2005) afirmaram que em populações de *Eucalyptus* a interferência da matocompetição é mais expressiva no primeiro ano de implantação da cultura, em especial, pela competição por recursos do meio, como água, luz e nutrientes. Ainda Pereira *et al.* (2014) testaram cinco clones de eucalipto que também sofreram

interferência negativa durante o período de convivência com plantas daninhas. *Urochloa decumbens*, *Brachiaria plantaginea* e *Brachiaria ruziziensis* são as espécies que mais reduzem o crescimento inicial de plantas de eucalipto (Pereira *et al.*, 2014)

A altura do eucalipto observada no presente estudo foi de 6,86 m, com um DAP de 11,29 cm e um volume de 0,04213 m<sup>3</sup>. Em comparação, Matos *et al.* (2012) relataram que o clone *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* apresentou altura média de 8,49 m e um DAP de 7,7 cm aos 18 meses pós-plantio. Outro estudo sobre o *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, realizado aos 25 meses em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) contando apenas com 6 plantas de avaliação, encontrou a altura média de 10 m, um DAP perto de 8 cm e volume individual de 0,058 m<sup>3</sup>, segundo Oliveira *et al.* (2015). Embora o DAP observado no presente estudo tenha sido superior ao encontrado por Oliveira *et al.* (2015), o volume individual foi menor. Além disso, Oliveira *et al.* (2015) relataram o volume total de 29,82 m<sup>3</sup> por hectare e incremento médio anual de 14,31 m<sup>3</sup> por hectare por ano, no entanto a escala de produção de eucalipto foi bem inferior ao do estudo.

Jiménez *et al.* (2021) observaram que após 50 dias do plantio, a taxa de 60% de mudas florestais danificadas pelas formigas e a porcentagem acumulada de plantas danificadas é marginalmente relacionada à densidade de ninhos. Além das formigas estava presente na área plantas daninhas que podem ter prejudicado o desenvolvimento inicial. No desenvolvimento inicial das mudas a matocompetição pode ser fator prejudicial e em sistema ILPF com o plantio de milho dificulta a entrada de máquinas, sendo necessário o controle manual de capina e roçada podendo aumentar o custo de implantação do componente florestal (Nicodemo *et al.*, 2009). Segundo Caron *et al.* (2012), o coroamento e a roçada não são necessários, enquanto os níveis de interceptação de radiação luminosa forem maiores a 60%, sendo necessários a partir do segundo mês após o plantio e com frequência de 60 dias durante os primeiros 180 dias.

### *Lavoura*

A produção de massa seca do milho variou de 11.875,08 kg MS/ha a 17.747,99 kg MS/ha. Domingues *et al.* (2013) avaliaram 23 híbridos diferentes de milho, observando a variação na produção de matéria seca de 16,4 a 27,3 toneladas por hectare.

Em 2024, observou-se a menor produtividade, com densidade de 3,32 plantas/m e produção total de 11.914,67 kg MS/ha. Essa baixa produtividade pode estar relacionada

ao híbrido cultivado, que foi diferente dos anos anteriores. No entanto, essa produção foi superior à relatada por Costa *et al.* (2012), que registraram 8.526,72 kg MS/ha em consórcio de milho e capim-braquiária, com densidade de 3,16 plantas por metro. Também foi superior à observada por Pereira *et al.* (2017), que relataram produção de 11.527 kg MS/ha para o híbrido de milho AS 1551 PRO em espaçamento de 0,5 m com uma densidade de 49.500 plantas/ha. Utilizando espaçamento de 0,9 m e densidade de 82.500 plantas/ha, a produção aumentou para 15.526 kg MS/ha, superior ao presente estudo. A densidade e o espaçamento das plantas, bem como o híbrido utilizado, podem influenciar o potencial de produtividade do milho.

### Conclusões

A adoção do sistema de ILPF na implantação do componente florestal enfrentou alguns desafios em relação ao manejo das árvores pela dificuldade de entrar com tratos mecanizados na área. Ao longo dos anos, observaram valores positivos em relação à matéria orgânica, pH, CTC (capacidade de troca catiônica), saturação de bases, magnésio e cálcio. No entanto, é possível melhorar ainda mais a fertilidade do solo aumentando as doses de fósforo e potássio. A produção de silagem pode ser aumentada não apenas com o aumento das doses de fósforo e potássio, mas pela seleção de híbrido mais resistente à cigarrinha e com maior potencial produtivo, além de aprimorar o controle fitossanitário.

### Referências

- ALLEONI, L. R. F. et al.** Atributos do solo relacionados à adsorção de cádmio e cobre em solos tropicais. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 27, p. 729-737, 2005.
- ANDREOTTI, M. et al.** Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, p. 2437-2446, 2000.
- APPERSON, C. S. et al.** Effects of Amdro on the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) and some nontarget ant species and persistence of Amdro on a pasture in North Carolina. *Journal of Economic Entomology*, v. 77, n. 4, p. 1012-1017, 1984.
- Arvor, D. et al.** Analisando a transição agrícola em Mato Grosso, Brasil, usando índices derivados de satélite. *Applied Geography*, v. 32, n. 2, p. 702-713, 2012.
- BRIEDIS, C. et al.** Carbono do solo e atributos de fertilidade em resposta à calagem superficial em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, p. 1007-1014, 2012.

- Bolfe, É. L. et al.** Potential for Agricultural Expansion in Degraded Pasture Lands in Brazil Based on Geospatial Databases. *Land*, v. 13, n. 2, p. 200, 2024.
- CARON, B. O. et al.** Interceptação da radiação luminosa pelo dossel de espécies florestais e sua relação com o manejo das plantas daninhas. *Ciência Rural*, v. 42, p. 75-82, 2012.
- CASTILHOS, Z. M. S. et al.** Aplicação superficial de calcário e adubação numa pastagem nativa. *Pesquisas Agropecuárias Gaúcha*, v. 6, p. 181-187, 2000.
- CIPRIANI, H. N. et al.** Fatores de forma para eucaliptos em Vilhena, Rondônia. 2015.
- CFSEMG.** Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (4ª aproximação). Lavras, 1989. 159 p.
- COELHO, A. M.** Nutrição e adubação do milho. In: CFSEMG. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (4ª aproximação)*. Lavras, 1989. 159 p.
- COSTA, P. M. et al.** Intercropping of corn, brachiaria grass and leguminous plants: productivity, quality and composition of silages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, p. 2144-2149, 2012.
- CORDEIRO, L. A. M. et al.** Integration of Crop-Livestock and Crop-Livestock-Forest Integration: Strategies for Sustainable Intensification. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, v. 32, n. 1/2, p. 5-43, 2015. DOI: 10.5747/ca.2014.v10.n1.a100
- CURTIN, D., CAMPBELL, C. A., & JALIL, A.** Effects of acidity on mineralization: pH dependence of organic matter mineralization in slightly acidic soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 30, n. 1, p. 57-64, 1998.
- DA SILVA, É. B. et al.** Effect of dry matter content on the microbial community and on the effectiveness of a microbial inoculant to improve the aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, v. 105, n. 6, p. 5024-5043, 2022.
- DE AZEVEDO, C. M. B. C. et al.** Performance of agricultural components and teak (*Tectonia grandis* L. F) in an integrated crop-livestock-forest system in Terra Alta-PA. In: *WORKSHOP INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA EM RONDÔNIA*, 1., 2010, Porto Velho. Expanded abstracts... Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2010.
- DOMINGUES, A. N. et al.** Agronomic characteristics of corn hybrids for silage production in the State of Mato Grosso, Brazil. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 35, p. 7-12, 2013.
- FAGERIA, N. K.** Soil quality vs. environmental-based agricultural management practices. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 33, n. 13-14, p. 2301-2329, 2002.
- FAGERIA, N. K., & NASCENTE, A. S.** Management of soil acidity in South America for sustainable agricultural production. In: SPARKS, D. L. (ed.) *Advances in Agronomy*, v. 128, p. 221-275, 2014.

**FIGUEIREDO, E. O. et al.** Estimation of the bark percentage and form factor in young teak (*Tectona grandis* Lf) stands. 2005.

**IBGE.** PIB cresce 2,9% em 2023 e fecha o ano em R\$ 10,9 trilhões. Available at: [IBGE News](#). Accessed: 09 May 2024.

**JIMÉNEZ, N. L. et al.** Economic injury level and economic threshold as required by Forest Stewardship Council for management of leaf-cutting ants in forest plantations. *Agricultural and Forest Entomology*, v. 23, n. 1, p. 87-96, 2021.

**LEONEL, F. D. P. et al.** Consórcio capim-braquiária e milho: produtividade das culturas e características qualitativas das silagens feitas com plantas em diferentes idades. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, p. 2233-2242, 2008.

**LINDSAY, W. L.** *Equilíbrio Químico em Solos*. John Wiley and Sons Ltd., Hoboken, NJ, USA, 1979. ISBN 0471027049.

**MACEDO, R. L. G. et al.** Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* Lf (teca) em diferentes espaçamentos no município de Paracatu, MG. *Cerne*, v. 11, n. 1, p. 61-69, 2005.

**MATOS, G. S. B. D. et al.** Desenvolvimento inicial e estado nutricional de clones de eucalipto no nordeste do Pará. *Acta Amazonica*, v. 42, p. 491-500, 2012.

**MCDONALD, P. J., HENDERSON, A. R., & HERON, S. J. E.** *The Biochemistry of Silage*. 2<sup>a</sup> ed. Mallow Chalcombe Publications, 340 p., 1991. Metropole, 2008, p. 7-18.

**NICODEMO, M. L. F. et al.** Desenvolvimento inicial de espécies florestais em sistema silvipastoril na região sudeste. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 60, p. 89-89, 2009.

**OLIVEIRA, F. L. R. D. et al.** Crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta. *Cerne*, v. 21, n. 2, p. 227-233, 2015.

**TEIXEIRA, P. C. et al.** *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 3<sup>a</sup> edição revista e ampliada. Embrapa, Brasília, DF, 2017.

**PELISSARI, A. L., CALDEIRA, S. F., & DRESCHER, R.** Desenvolvimento quantitativo e qualitativo de *Tectona grandis* Lf em Mato Grosso. *Floresta e Ambiente*, v. 20, p. 371-383, 2013.

**PEREIRA, L. B. et al.** Características agronômicas da planta e produtividade da silagem de milho submetido a diferentes arranjos populacionais. *Magistra*, v. 29, n. 1, p. 18-27, 2017.

**PEREIRA, F. C. M., BARROSO, A. A. M., & PAIOLA, A. J.** Interferência de plantas daninhas: conceitos e exemplos na cultura do eucalipto. 2014.

**POLIDORO, J. C. et al.** O impacto de planos, políticas, práticas e tecnologias baseadas nos princípios da agricultura de conservação no controle da erosão do solo no Brasil. Pré-impressões da autoria, 2020.

**SALES, A. et al.** Desenvolvimento inicial do eucalipto em monocultivo e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.

**SANTOS, L. D. T. et al.** Exsudação radicular do glyphosate por *Brachiaria decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto e na respiração microbiana do solo. *Planta Daninha*, v. 23, n. 1, p. 143-152, jan. 2005.

**SASSENATH, G. F. et al.** Princípios de sistemas agrícolas integrados dinâmicos: lições aprendidas com um exame dos sistemas de produção do Sudeste. In: BOHLEN, P. (Ed.) *Gestão Sustentável de Agroecossistemas*. Série Avanços na Agroecologia, Taylor e Francis/CRC Press, 2009.

**SENRA, A. F. et al.** Resistência à penetração em “Latossolo Vermelho” sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo. *Revista Ciências Técnicas Agropecuárias*, v. 16, n. 1, 2007.

**Sousa, D. M. G., & Lobato, E.** *Cerrado: Correção do Solo e Adubação*. Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

**Weirich Neto, P. H., Caires, E. F., Justino, A., & Dias, J.** Correção da acidez do solo em função de modos de incorporação de calcário. *Ciência Rural*, v. 30, p. 257-261, 2000.

**WILKINS, Roger J.** Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 363, n. 1491, p. 517-525, 2008.

**Universidade Federal de Goiás (UFG); Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG).** *Atlas das Pastagens*. 2022. Disponível online: <https://atlasdaspastagens.ufg.br/map> (acessado em 9 de maio de 2024).

## CAPÍTULO II

### **Desempenho animal e vegetal em integração lavoura pecuária floresta com diversidade animal e vegetal**

**RESUMO:** No experimento foram avaliados três tratamentos durante a fase pecuária: 1) Capim-tamani em pastejo por bovinos leiteiros (monocultivo); 2) capim-tamani com feijão-guandu em pastejo por bovinos leiteiros (consórcio); 3) Consórcio de capim-tamani com feijão-guandu em pastejo simultâneo de bovinos leiteiros e ovinos (biodiverso). O experimento constituiu de blocos inteiramente ao acaso. Cada tratamento foi representado por 4 repetições (piquetes), totalizando 12 piquetes de aproximadamente 0,5 hectare (ha) cada. Como animais-teste, foram utilizadas quatro (4) vacas leiteiras em lactação para os tratamentos monocultivo e consórcio; e três vacas e 11 ovinos para o tratamento biodiverso. Posterior a fase de pecuária foi estabelecido o consórcio de milho com capim-tamani (fase lavoura) para produção de silagem em toda a área. Na fase pecuária foram analisados a composição e produção do leite, a disponibilidade e composição da forragem. Na fase lavoura, foram determinadas a produção e composição da silagem. Os diferentes sistemas de cultivo apresentaram semelhanças quanto a produtividade e composição da silagem. Quanto aos parâmetros de forragem, também não foram observadas diferenças entre os tratamentos. A produtividade de leite por área (leite por hectare) também não foi afetada pelos tratamentos, gerando destaque para o tratamento biodiverso, uma vez que além do pastejo das vacas leiteiras, este proporcionou o pastejo dos ovinos.

**Palavras-chave:** ovinos, bovinos, leite, guandu, diversidade funcional

## Introdução

Os sistemas integrados têm a capacidade de combinar produção agrícola, pecuária e silvicultura, permitindo a produção de pelo menos, três tipos de produtos na mesma área durante um período definido. Exemplos incluem soja, milho, silagem, sorgo, gado e eucalipto, entre outros. Esses sistemas, que se baseiam em cultivos consorciados, sucessão e/ou rotação podem otimizar a ciclagem biológica de nutrientes entre plantas e animais, melhorando a eficiência da produção e mantendo a fertilidade do solo a longo prazo (Balbino *et al.*, 2012).

A aplicação da forragem na forma de silagem surge como alternativa eficaz para resolver os desafios da alimentação durante o período seco para o rebanho. Ao manter a produção durante a estiagem, essa prática impacta diretamente na renda da propriedade e na disponibilidade da produção para o mercado consumidor. Ao fornecer silagem aos animais durante a estiagem, é possível garantir que o rebanho entre no período chuvoso com bom escore corporal, reduzindo os custos de produção e prolongando a idade produtiva dos animais. Portanto, pesquisas voltadas para a otimização do potencial de espécies forrageiras como milho, milheto, gergelim e girassol são necessários, principalmente no Brasil, que apresenta clima tropical propício ao bom desempenho dessas forrageiras (Fernandes *et al.*, 2016).

As pastagens desempenham papel crucial no uso global da terra, ocupando cerca de 50% da superfície terrestre, em que grandes herbívoros encontram seu habitat (Frank, 1998). Essas terras constituem a base dos sistemas forrageiros pecuários lucrativos e contribuem significativamente para a economia agrícola. O interesse na gestão de pastagens em regiões tropicais está evoluindo além das preocupações convencionais, como otimização da qualidade e quantidade de forragem para produção animal, para abranger nova gama de questões. Estas incluem sustentabilidade, redução do uso de fertilizantes e pesticidas, proteção do solo, sequestro de carbono, biodiversidade animal, resistência à invasão por plantas e insetos exóticos, e valor estético da paisagem (Krueger *et al.*, 2002). Nesse contexto, o aumento da biodiversidade pode desempenhar papel crucial.

A composição das plantas acima do solo pode ter impacto significativo nas taxas de ciclagem de nutrientes nas pastagens. Um exemplo bem documentado é o efeito da adição de leguminosas às misturas de gramíneas, resultando em aumentos na

disponibilidade de nitrogênio no solo pela fixação de nitrogênio (Haynes, 1993). Além desse efeito de fertilização, a diversidade de plantas acima do solo também pode influenciar a ciclagem de nutrientes por meio da decomposição microbiana da serapilheira.

Aumentar a diversidade de espécies de leguminosas cultivadas juntamente a misturas de pastagens pode ajudar a reduzir as perdas de nitratos por lixiviação, ao mesmo tempo que beneficia a produção através da fertilização com nitrogênio (Scherer-Lorenzen, 2003). São necessários mais dados provenientes de ensaios de pastoreio que avaliem a produtividade, o comportamento e a seleção animal em variedade de misturas de espécies em escalas relevantes, a fim de fazer recomendações práticas para a gestão do pastoreio. Especificamente, é importante determinar como as mudanças nas diversidades associadas ao pastejo podem afetar os benefícios da utilização de misturas ricas em espécies. É crucial realizar pesquisas em sistemas que explorem a utilização da diversidade em escala agrícola, em que combinações de misturas simples de forragens ou monoculturas são empregadas em diversas pastagens, complementando o trabalho em misturas complexas de forragens em campos individuais. Por fim, adotar uma abordagem multifuncional das pastagens, que leve em conta os benefícios ambientais, além da produtividade, abre caminho para a utilização mais ampla da biodiversidade na gestão sustentável das pastagens (Kacheler *et al.*, 2023).

Neste estudo, objetivou-se avaliar o desempenho dos bovinos e a produção vegetal (oferta de forragem e análise bromatológica) em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, que incluiu diversidade vegetal pelo uso do consórcio do capim-tamani com feijão-guandu e diversidade animal pelo pastejo simultâneo de ovinos e bovinos.

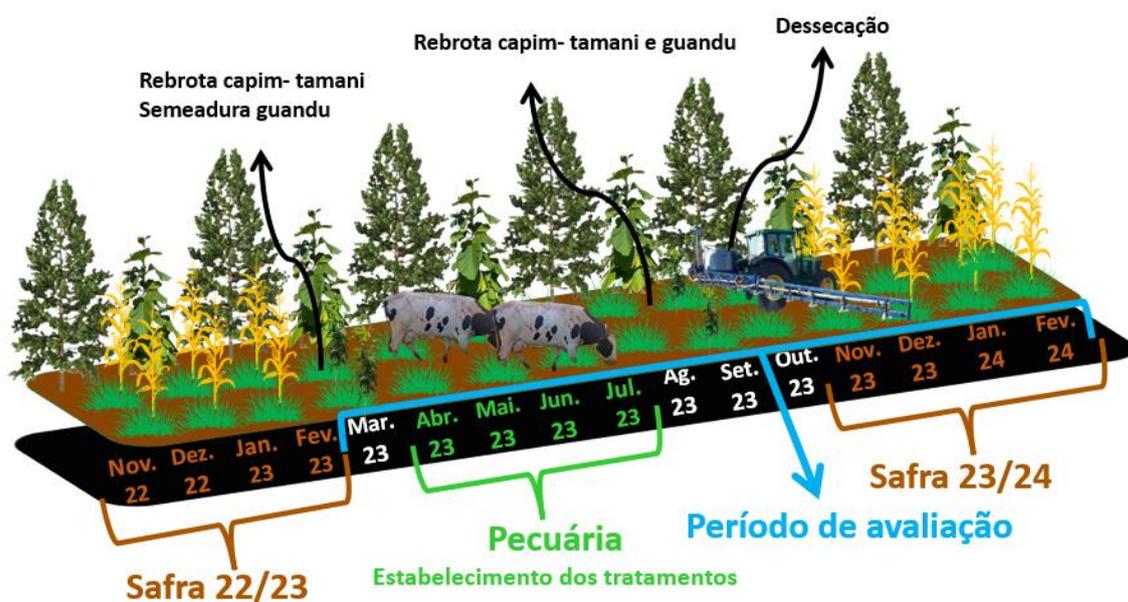
## **Material e Métodos**

### *Local*

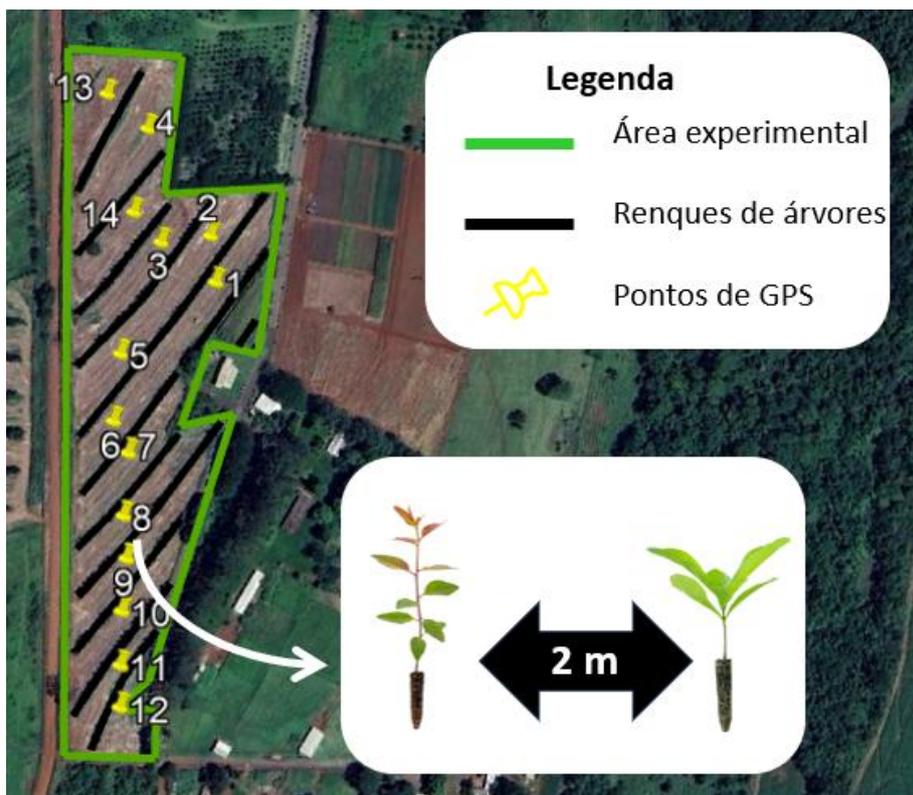
O experimento foi desenvolvido na área agrícola do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, em área total de 6 hectares dividida em 12 piquetes. O período de avaliação teve início em março de 2023 com a pecuária e finalizando em fevereiro de 2024, com a safra de milho consorciado com *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani (Syn. *Panicum maximum*). Esse sistema foi estabelecido posterior a safra 22/23 que estava com o cultivo de milho consorciado com capim-tamani.

Após a colheita da silagem, o feijão-guandu (*Cajanus cajan* cv. Fava larga) foi semeado sob o capim-tamani em 8 piquetes no dia 17 de fevereiro de 2023 em sistema de plantio direto, com semeadura em média de 12 sementes por metro linear, com espaçamento de 45 centímetros entrelinhas. No dia 29 de março iniciou-se o pastejo dos animais na área experimental até o dia 27 de julho do ano de 2023 e em sequência a safra 23/24 que foi baseada no cultivo de milho consorciado com capim-tamani como mostra na Figura 1.

O componente florestal do sistema foi composto por um consórcio de Teca (*Tectona grandis*) e Eucalipto (*Eucalyptus urograndis* clone I144) em espaçamento de 30 metros entre renques simples com espaçamento de 2 metros entre plantas, sendo as duas espécies intercaladas, como mostra na Figura 2.



**Figura 1.** Linha do tempo do período experimental do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com consórcio florestal e forrageiro para produção de silagem no verão e pastejo no inverno.



**Figura 2:** Demarcação da área experimental com os renques de árvores e pontos georreferenciados de coleta de dados de produção agrícola e forrageira.

Fonte: Adaptado Google Earth (2024).

Todos os procedimentos realizados neste experimento foram em conformidade com as diretrizes estabelecidas na Resolução Normativa nº 25, de 29 de setembro de 2015, do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Os métodos desta pesquisa foram realizados de acordo com as diretrizes de pesquisa animal *in vivo*: ARRIVE 2.0 (Percie Du Sert *et al.*, 2020). O projeto foi aprovado pela CEUA IF Goiano sob o protocolo nº 1827080323.

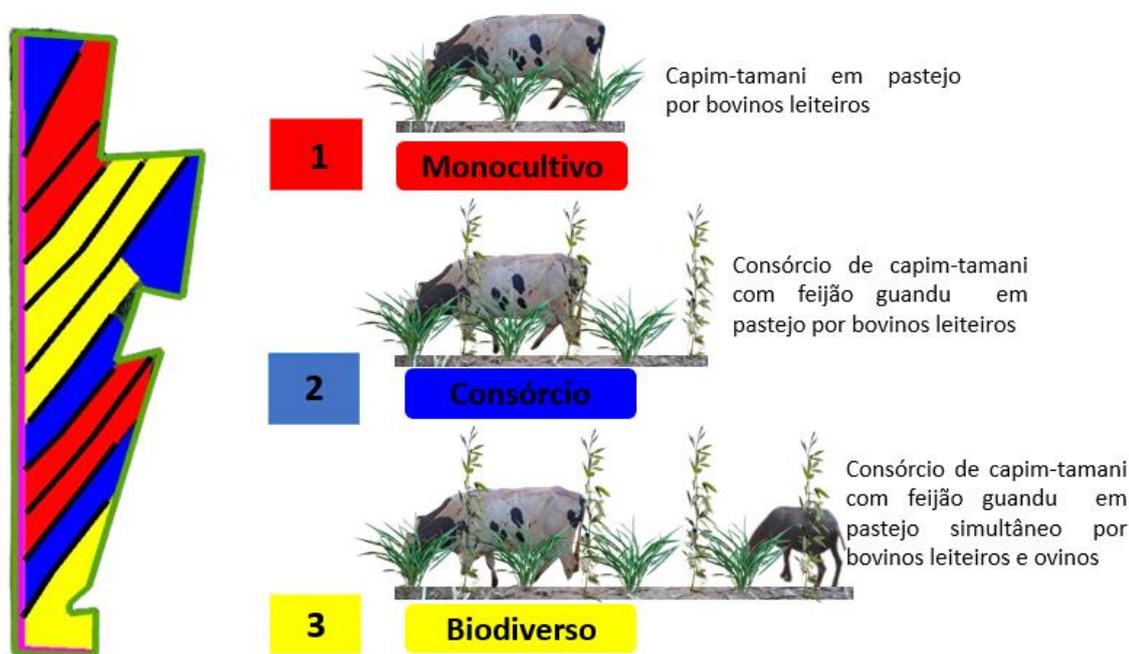
#### *Delineamento experimental*

Foram avaliados três tratamentos durante a fase pecuária: 1) Capim-tamani em pastejo por bovinos leiteiros (monocultivo); 2) capim-tamani com feijão-guandu em pastejo por bovinos leiteiros (consórcio); 3) capim-tamani com feijão-guandu em pastejo simultâneo de bovinos leiteiros e ovinos (biodiverso).

O experimento constituiu de blocos inteiramente ao acaso, com 4 repetições (piquetes), totalizando 12 piquetes de 0,5 hectare (ha) cada. Como animais-teste, foram utilizadas quatro (4) vacas leiteiras em lactação para os tratamentos 1 (monocultivo) e 2

(consórcio) e três (3) vacas para o tratamento 3 (biodiverso - pastejo em conjunto com ovinos), totalizando 11 vacas no experimento. As vacas eram mestiças Girolando e foram distribuídas entre os tratamentos com animais de condições padronizadas conforme os dias em lactação, peso, e a produção de leite. Os ovinos utilizados no tratamento biodiverso foram compostos por 10 ovelhas e 1 macho reprodutor Santa Inês.

Na Figura 3, as cores representam cada tratamento e uma repetição (piquete), no qual os animais foram rotacionados, ficando em cada piquete 7 dias e retornando para o mesmo piquete decorrido 21 dias. O pastejo dos animais durou 120 dias no qual cada piquete foi pastejado 4 vezes.



**Figura 3.** Mapa da área com a divisão dos tratamentos e as repetições (piquetes) de vacas em pastejo de capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.

#### *Manejo nutricional dos bovinos*

O manejo nutricional dos bovinos leiteiros consistiu-se em alimentá-los com 4 kg de suplemento por animal por dia, servida após a ordenha. A ordenha foi realizada diariamente no período da manhã. Nos tratamentos de monocultivo e consórcio, a suplementação era fornecida no cocho disposto no piquete em pastejo, enquanto no tratamento biodiverso, a suplementação era oferecida na sala posterior à sala de ordenha. Inicialmente, o concentrado fornecido até o dia 10 de junho de 2023 foi denominado de concentrado 1. A partir dessa data, foi fornecida outro concentrado, denominada

concentrado 2, até o final do pastejo. A composição química de cada concentrado está detalhada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição química do concentrado fornecido as vacas leiteiras durante o pastejo em capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em integração lavoura-pecuária-floresta.

Componente	Suplemento 1	Suplemento 2
Fibra em detergente ácido	5,7%	8,73%
Proteína Bruta % MS	21,72%	22,29%
Nutrientes digestíveis totais	74,08%	77,22%
Energia Digestível (Mcal/kg)	3,4	3,4
Energia Metabolizável (Mcal/kg)	2,85	2,99
Energia líquida para lactação (Mcal/kg)	1,71	1,77
Energia Líquida para Ganho (Mcal/kg)	1,27	1,37
Energia Líquida para Manutenção (Mcal/kg)	1,91	2,02

#### *Manejo dos animais*

Antes da entrada dos animais nos piquetes, foi realizada coleta de forragem para avaliação da disponibilidade de massa seca por hectare. E, também, mensurado a altura da forragem na entrada dos animais nos piquetes. O manejo recomendado para essa cultivar deve ser, preferencialmente, sob pastejo rotacionado, sendo um critério não permitir altura de resíduo menor que 20-25 (Embrapa Gado de Corte, 2015). A altura e quantidade de forragem foram mensuradas na condição de pré-pastejo e pós-pastejo dos animais dos piquetes.

A divisão dos piquetes foi realizada por cerca elétrica móvel que foi montada e desmontada semanalmente. Também utilizou-se uma estrutura de bebedouros móveis para acompanhar os animais nas mudanças de piquete.

O manejo das ovelhas consistiu em um grupo composto por 11 indivíduos, sendo 10 fêmeas e 1 reprodutor. O período de pastejo dos ovinos durou 77 dias, começando em 4 de abril de 2023 e terminando em 19 de junho de 2023. Durante o pastejo, as ovelhas tinham acesso a sal mineral à vontade no pasto.

### *Manejo da lavoura 23/24*

A safra 23/24 foi semeado no dia 2 de dezembro de 2024 com a cultivar de milho K7510, utilizou-se uma semeadora com espaçamento de 45 cm entre a linha com média de 3,5 sementes por metro e distribui-se na linha adubo NPK 5-25-15 200 kg/ha e a lanço no dia 9 de dezembro distribui-se 200 kg/ha do mesmo adubo e ao longo da cultura realizou-se o manejo de pragas e doenças conforme a necessidade. Na cobertura distribui-se a lanço 129 Kg de N, que foi dividido em 2 parcelas, a primeira distribui-se 55Kg.ha<sup>-1</sup> de N no dia 24 de dezembro de 2023 e a segunda no dia 6 de janeiro 74Kg.Ha<sup>-1</sup> de N. A semeadura do capim-tamani foi realizado por meio do equipamento Ikeda que foi acoplado ao trator no momento da semeadura do milho, regulado para distribuir 8 kg/ha (VC=55) de forma a lanço. A colheita realizou-se no dia 24 de fevereiro de 2024.

Na dessecação das forrageiras pré-plantio utilizou-se herbicida 1,5l/ha 2,4-D, posteriormente desseccante helmoquat cerca de 2 l/ha . No manejo fitossanitário realizou 2 pulverizações, sendo: uma com 100ml/ha de exalt, 700ml/ha de nativo, 300 ml/ha de expedition e 0,5% de óleo. Na segunda utilizou-se 600ml/ha de fusão, 200g/ha de actra, 600ml/ha de galil, mesmo diante das pulverizações tinha a presença de cigarrinha.

### *Coleta de dados – desempenho animal e vegetal*

Semanalmente por meio do medidor de leite MILK METER, coletava-se dados da quantidade de leite e amostras de leite produzida de cada animal foram coletadas para análise. Foi realizada a determinação da composição do leite com o uso do método infravermelho (ISO9622, 2013) para determinar gordura, lactose, proteína, sólidos totais, sólidos não gordurosos, e nitrogênio ureico no leite. Para a contagem de células somáticas, o método de citometria de fluxo foi aplicado ( ISO13366-2, 2006).

Para avaliação da disponibilidade de forragem e composição bromatológica da forragem, foram realizadas 3 coletas de forragem em 1 m<sup>2</sup> em pontos georreferenciados dentro de cada piquete. O corte foi realizado a 10 cm de altura a nível do solo e toda a forragem acondicionada em sacos de polipropileno pesadas a campo e a altura do dossel forrageiro foi mensurado com auxílio de régua milimetrada coletado 10 pontos diferentes próximos ao ponto georreferenciado. Posteriormente, as amostras foram pesadas novamente no laboratório e retirada uma amostra representativa, acondicionada em sacos de papel identificado, pesadas antes e após o processo de secagem na estufa de circulação forçada de ar (55°C) até obter o peso constante. As amostras foram moídas em moinho

de faca , com peneira de 1 mm, e armazenadas no freezer até o momento das análises.

Na coleta das amostras para silagem foram coletados amostras próxima ao ponto georreferenciado em cada piquete. Essas amostras consistiam na contagem do número de plantas de milho, peso da planta inteira do milho e peso do capim-tamani. Utilizando uma régua milimetrada, contaram a quantidade de plantas de milho em uma área de 1 m<sup>2</sup> e cortando-as, aproximadamente 10 centímetros do solo. Da mesma forma, onde o capim-tamani estava presente, cortaram a cerca de 10 centímetros de altura do solo. As amostras foram moídas em triturador forrageiro TRf 70 e subtraído uma amostra representativa, acondicionada em sacos de papel identificado, pesadas antes e após o processo de secagem na estufa de circulação forçada de ar (55°C) até o peso constante e extrapolado para kg de matéria seca por hectare. As amostras posteriormente foram moídas em moinho de faca, com peneira de 1 mm, e armazenadas no freezer até o momento das análises.

As amostras de forragem e da silagem tiveram a composição química analisada através de espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS), utilizando uma curva de calibração pré-estabelecida para essa espécie forrageira, em um laboratório comercial. Foram determinados: PB: proteína bruta; PS: proteína solúvel; PD: proteína digestível; MM: matéria mineral, FDA: fibra em detergente ácido; FDNmo: fibra em detergente neutro na matéria orgânica; Lig: lignina; EE: extrato eter, FDNmo30: digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica após 30 horas de incubação; FDNmo120: digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica após 120 horas de incubação; FDNmo240: digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica após 240 horas de incubação; CNF: carboidratos não fibrosos; NDT: nutrientes digestíveis totais.

#### *Análise estatística*

A análise estatística foi realizada no software R (R Core Team, 2022). Os dados de produção animal foram analisados de duas maneiras: a primeira considerando os dados de cada animal que possuem medidas repetidas no tempo e a segunda considerando os totais obtidos para cada piquete ao longo do período experimental. Para os totais, foi realizado análise, considerando somente efeito de tratamento função *lm*.

Para primeira análise, foram considerados tratamento e ciclo de pastejo, bem como a interação entre eles, como efeitos fixos e piquete como efeito aleatório, realizando uma análise de modelos mistos com medidas repetidas no tempo, usando a função *lmer*

do pacote lme4 (Bates et al., 2015). As médias foram obtidas por quadrados mínimos e comparadas por teste de Tukey utilizando a função *emmeans* do pacote emmeans (Lenth, 2023). Estas análises foram utilizadas para as variáveis de composição do leite e da forragem.

Para avaliar a relação entre as variáveis, foi realizada análise de componentes principais. Essa análise envolveu o uso dos pacotes FactoMineR (Sebastien *et al.*, 2008) e factoextra (Kassambara e Mundt, 2020).

Para a produção de milho, foi usada a função *lm* tendo tratamento como efeito fixo e a média histórica das safras anteriores de cada ponto como covariável. As médias foram obtidas por quadrados mínimos e comparadas por teste de Tukey utilizando a função *emmeans* do pacote emmeans (Lenth, 2023).

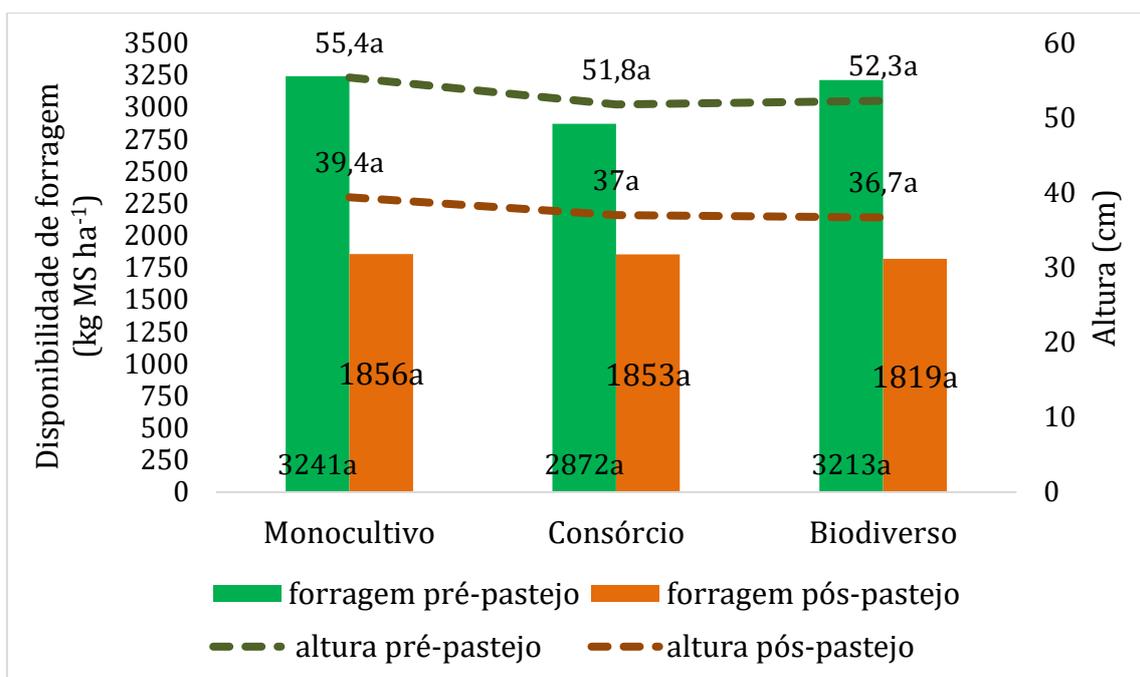
A bromatologia da silagem foi analisada somente com modelo linear (função *lm*) tendo somente tratamento como efeito fixo. As médias foram obtidas conforme citado anteriormente para as outras variáveis.

## Resultados

A área média de cada piquete foi de  $3573,71 \pm 907,27\text{m}^2$ . A média de produção de leite de cada animal foi  $7,73 \pm 1,44$  litros por dia. As taxas de lotação instantânea e média foram  $6949,0 \pm 1939,7$  kg de PV.ha<sup>-1</sup> e  $1653,8 \pm 365,0$  kg de PV.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

### *Forragem*

A massa de forragem de pré e pós-pastejo não apresentou diferença entre os sistemas, assim como a altura do dossel (Figura 4). O comportamento foi semelhante entre os sistemas.

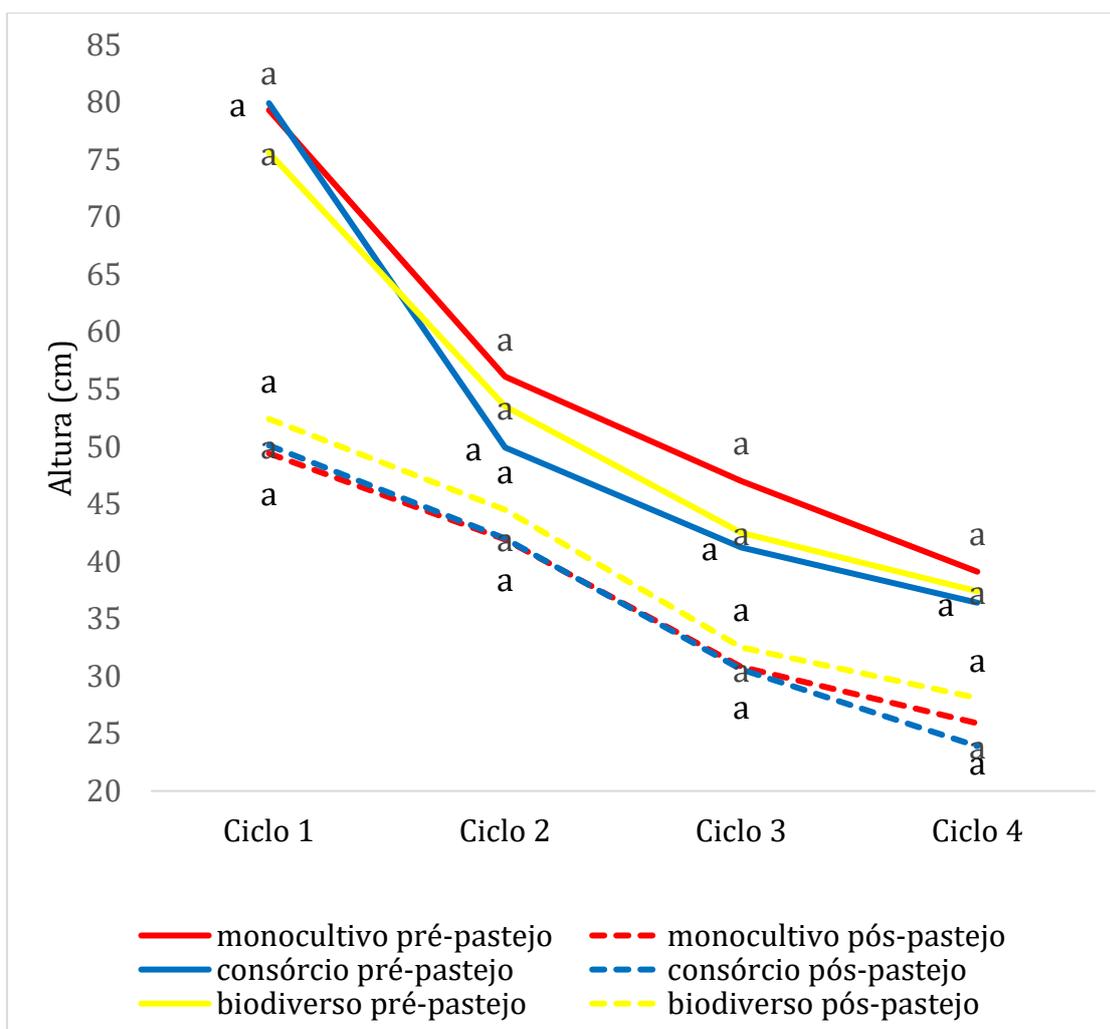


**Figura 4.** Massa de forragem e altura do capim-tamani no pré e pós-pastejo de vacas em quatro ciclos de pastejo nos tratamentos de monocultivo (capim-tamani), consórcio (capim-tamani e guandu) e biodiverso (ovinos e bovinos em pastejo de capim-tamani e guandu). MF: massa de forragem, AD: altura do dossel forrageira.

Em relação aos ciclos de pastejo, observou-se que no 1º ciclo teve a altura de entrada superior aos demais, bem como a massa de forragem. Na altura de saída, o 1º e o 2º ciclos obtiveram altura maior em relação aos demais ciclos, enquanto a massa de forragem não teve diferença entre os ciclos (Figura 5).

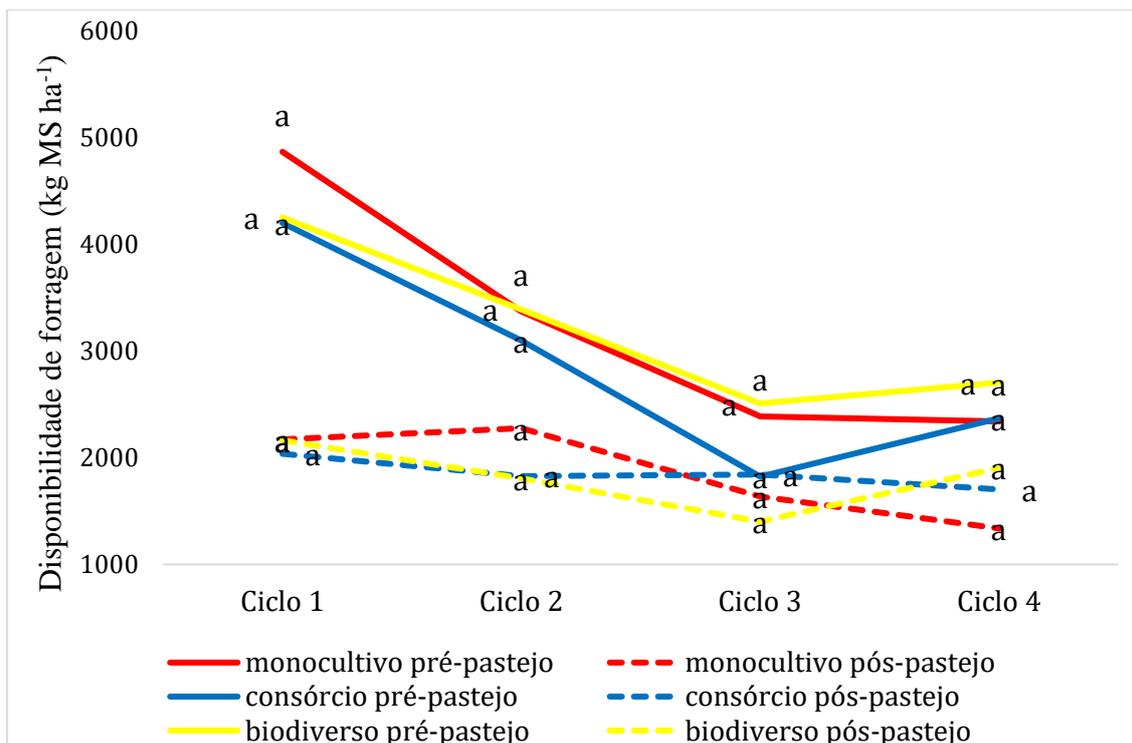
A disponibilidade média de forragem em massa seca no ensaio foi de 3108 kg ha<sup>-1</sup>, e o pós-pastejo médio de massa seca de forragem foi em média de 1842 kg ha<sup>-1</sup>. Considerando a diferença da massa seca de forragem pré e pós-pastejo, percebe-se que, foram em média consumidos 1266 kg ha<sup>-1</sup> ou 40,73% de massa seca de forragem durante o pastejo nos sistemas.

Com relação à altura do dossel no instante do pré e pós-pastejo da forragem não diferiram entre si entre os tratamentos. Em média, durante o ensaio a altura de dossel da forragem foi de 53,1 cm, enquanto a altura do dossel no pós-pastejo foi de 37,7 cm, representando em média durante o pastejo a redução de 15,4 cm.



**Figura 5.** Altura da massa de forragem no pré e pós-pastejo de vacas em pastejo de capim- tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta de cada ciclo de pastejo.

A massa seca de forragem no pré e pós-pastejo não teve diferença entre os sistemas (Figura 6). Não foram observados efeitos significativos da interação entre o sistema de cultivo e o ciclo de pastejo.



**Figura 6.** Disponibilidade da massa de forragem nos sistemas de cultivo de vacas em pastejo de capim-tamani (Monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (Consórcio) e ovinos (Biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta de cada ciclo de pastejo.

Na Tabela 2 a composição química do dossel forrageiro no pré-pastejo não teve diferença em nenhum dos seus componentes sendo eles a PB, PD, EE, MM, FDN, FDA, lignina, NDT e CNF, nem entre os sistemas tanto quanto os ciclos dentro de cada tratamento. Somente houve diferença entre os ciclos de pastejo em todos os componentes.

No primeiro ciclo observa-se maiores teores de PB, PD, EE, NDT e CNF. Os ciclos 2 e 3 foram semelhantes para todos os parâmetros analisados exceto para extrato etéreo e CNF. O 4º ciclo apresentou menor valores de PB, PD e NDT.

Para a composição química da forragem de proteína bruta, proteína solúvel, matéria mineral, FDA, extrato etéreo, NDT e CNF não observou diferença entre os sistemas de cultivo. FDN e Lignina sofreram efeito dos tratamentos, sendo que o sistema consórcio apresentou menores teores.

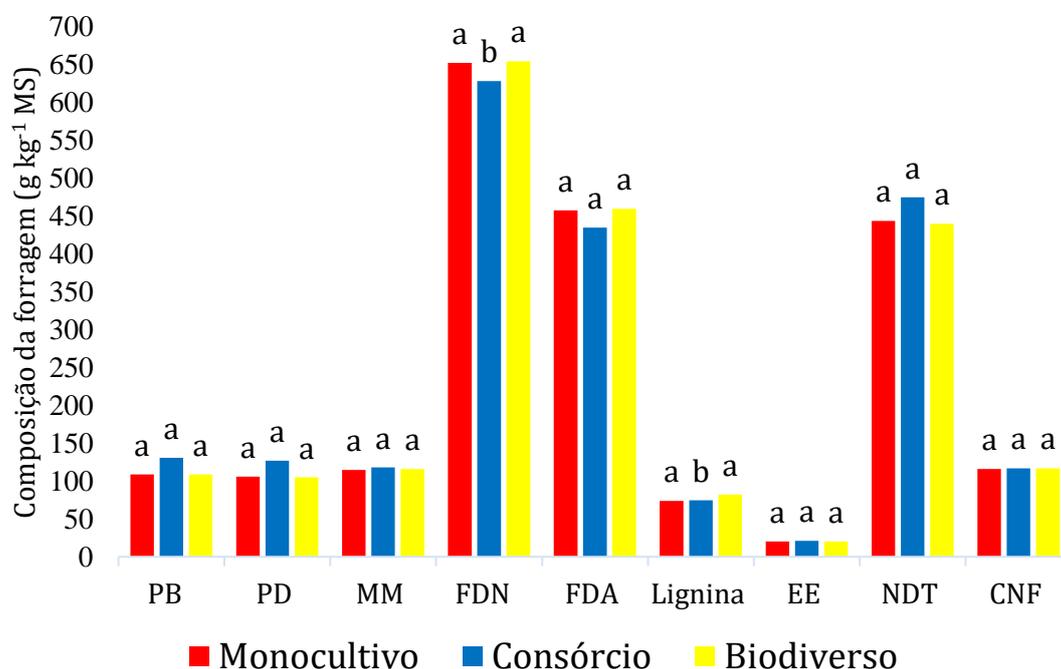
Para a composição química da forragem (Figura 7), não houve diferença entre os sistemas de cultivo para PB, PS, matéria mineral, FDA, extrato etéreo, NDT e CNF. Somente o FDN e a Lignina foram menores no sistema de consórcio.

Com relação ao extrato etéreo analisou-se que houve diferença apenas entre a forragem do 1º ciclo e a do 3º ciclo, as demais não diferiram entre si e tampouco com a forragem desses ciclos. A forragem do 1º ciclo apresentou o maior índice de extrato etéreo, 21,30 g.kg<sup>-1</sup> de MS, enquanto no 3º ciclo apresentou-se com menor índice.

**Tabela 2.** Composição química do dossel forrageiro no pré-pastejo em relação aos ciclos de pastejo nos sistemas de pastejo de vacas leiteira em capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim- tamani e gandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em integração lavoura-pecuária-floresta.

Sistema de cultivo	Ciclo	PB	PD	MM	FDN	FDA	Lignina	EE	NDT	CNF
.....g.Kg.MS <sup>-1</sup> .....										
	1°	140,70A	136,80A	107B	624B	427B	72,90B	21,30A	497A	127A
	2°	112,80AB	109,90AB	117A	639AB	445AB	78,30AB	21,10AB	456B	126A
	3°	118,60AB	115,10AB	118A	653AB	454AB	79,80AB	19,10B	449B	105B
	4°	92,70B	89,70B	123A	665A	477A	87,60A	20,20AB	412C	108B
<b>Monocultivo</b>	1°	142,70Aa	139,20Aa	106Aa	627Aa	429Aa	72,00Aa	21,00Aa	495Aa	122Aa
	2°	101,70Aa	98,90Aa	119Aa	649Aa	454Aa	81,80Aa	21,10Aa	441Aa	122Aa
	3°	108,60Aa	105,10Aa	116Aa	662Aa	465Aa	84,80Aa	18,70Aa	436Aa	107Aa
	4°	83,50Aa	80,50Aa	120Aa	673Aa	485Aa	90,40Aa	19,00Aa	405Aa	114Aa
<b>Consórcio</b>	1°	151,20Aa	146,70Aa	108Aa	615Aa	417Aa	70,70Aa	21,40Aa	510Aa	128Aa
	2°	130,80Aa	128,10Aa	118Aa	617Aa	427Aa	72,00Aa	21,40Aa	484Aa	129Aa
	3°	136,50Aa	133,10Aa	120Aa	635Aa	433Aa	73,40Aa	19,80Aa	475Aa	104Aa
	4°	104,80Aa	102,00Aa	127Aa	649Aa	462Aa	82,10Aa	21,30Aa	430Aa	105Aa
<b>Biodiverso</b>	1°	128,30Aa	124,50Aa	108Aa	631Aa	436Aa	76,10Aa	21,40Aa	484Aa	132Aa
	2°	105,80Aa	102,80Aa	113Aa	652Aa	454Aa	81,10Aa	20,60Aa	443Aa	127Aa
	3°	110,70Aa	107,20Aa	119Aa	663Aa	464Aa	81,10Aa	18,70Aa	435Aa	105Aa
	4°	89,60Aa	86,60Aa	122Aa	673Aa	484Aa	90,20Aa	20,40Aa	400Aa	106Aa
<b>EPM</b>		5,41	5,36	1,33	4,88	5,53	1,52	0,316	7,38	2,50
Valor p										
(S)		0,126	0,125	0,517	0,037	0,088	0,026	0,605	0,342	0,982
Ciclo (C)		0,016	0,018	<0,001	0,010	0,009	0,002	0,013	<0,001	<0,001
S x C		0,996	0,996	0,873	0,997	0,999	0,971	0,897	0,968	0,846

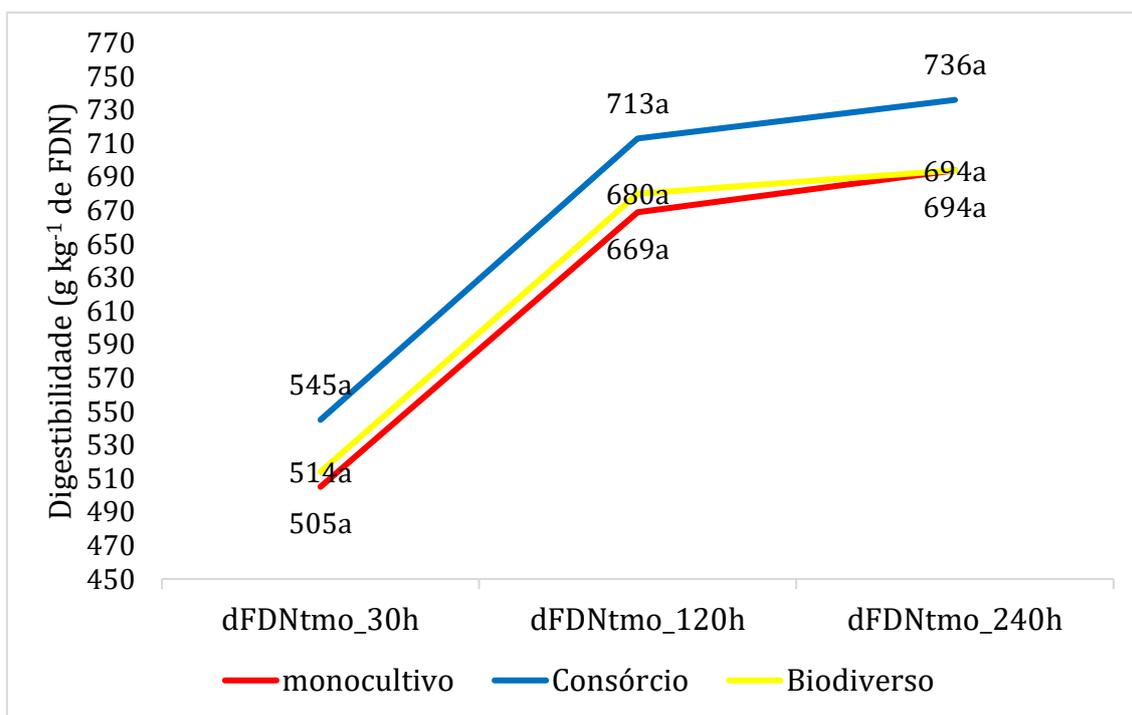
Letras iguais minúsculas (sistema) e maiúsculas (Ciclo) não diferem entre si pelo teste de Tukey. PB: proteína bruta. PD: proteína disponível. MM: matéria mineral. FDN: fibra em detergente neutro. FDA: fibra em detergente ácido. EE: extrato etéreo. NDT: nutrientes digestíveis totais. CNF: Carboidratos não fibrosos. Valor p: probabilidade de efeito significativo. EPM: Erro padrão da média.



**Figura 7.** Composição química média do dossel forrageiro no pré-pastejo vacas em pastejo de vacas leiteiras no capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta considerando todos os ciclos de pastejo.

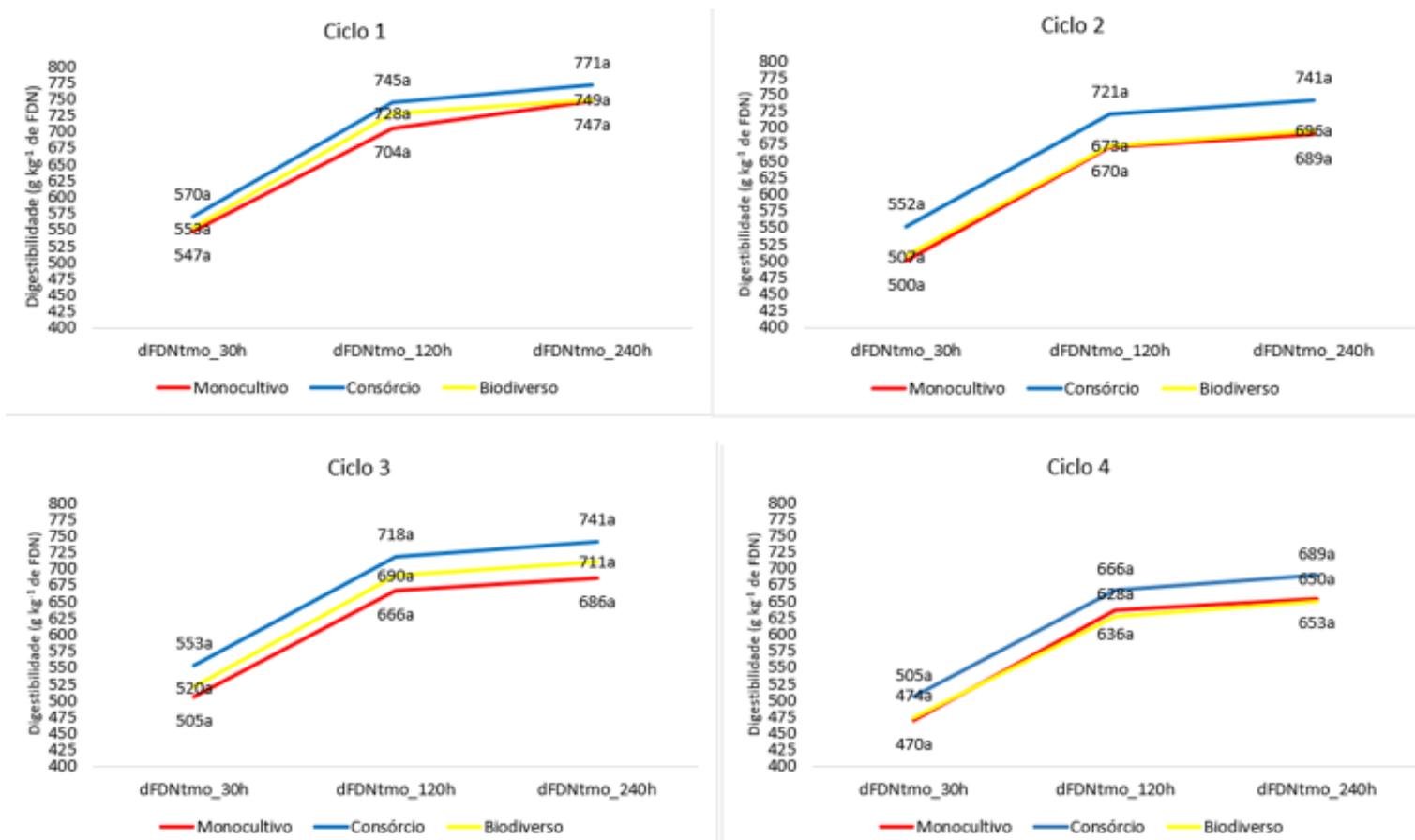
PB: proteína bruta. PD: proteína disponível. MM: matéria mineral. FDN: fibra em detergente neutro. FDA: fibra em detergente ácido. EE: extrato etéreo. NDT: nutrientes digestíveis totais. CNF: Carboidratos não fibrosos.

A digestibilidade da forragem não teve diferença entre os sistemas de cultivo (Figura 8) e ciclos de pastejo (Figura 9) também não foi observado diferença.



**Figura 8.** Digestibilidade média da massa de forragem dos diferentes sistemas de cultivo de vacas em pastejo de capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta considerando todos os ciclos de pastejo.

dFDNtmo\_30h: digestibilidade da fibra em detergente neutro após 30 horas, dFDNtmo\_30h: digestibilidade da fibra em detergente neutro após 120 horas, dFDNtmo\_30h: digestibilidade da fibra em detergente neutro após 240 horas.

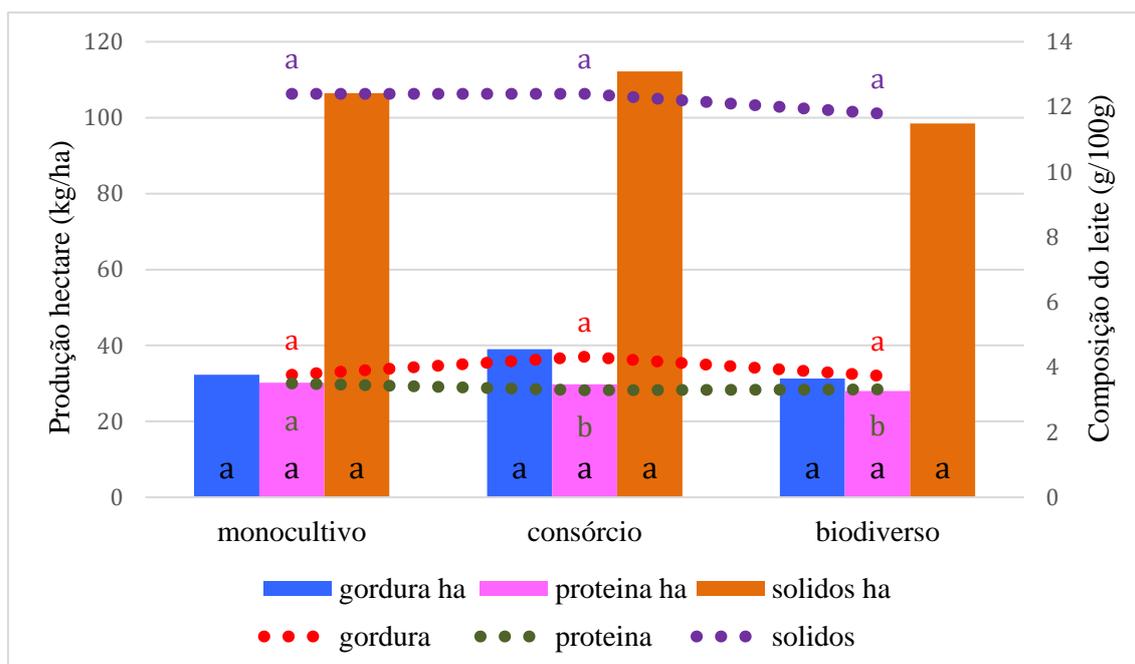


**Figura 9.** Digestibilidade da massa de forragem dos ciclos de pastejo nos sistemas de cultivo de vacas em pastejo de capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e gandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.

dFDNtmo\_30h: digestibilidade da fibra em detergente neutro após 30 horas, dFDNtmo\_120h: digestibilidade da fibra em detergente neutro após 120 horas, dFDNtmo\_240h: digestibilidade da fibra em detergente neutro após 240 horas.

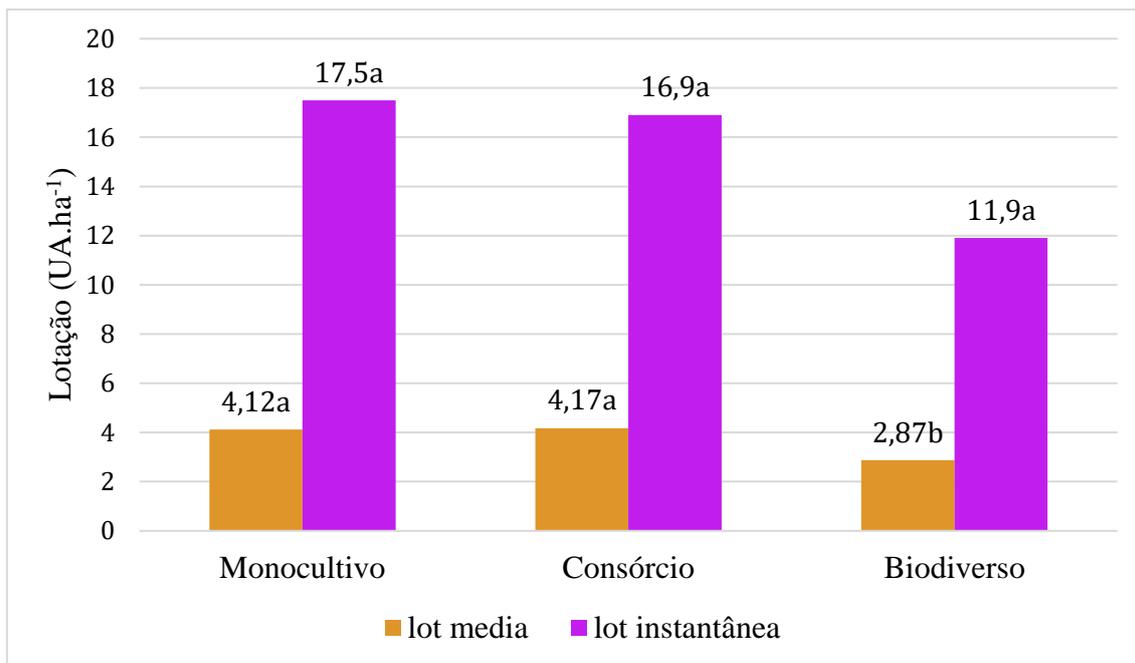
### Leite

Observa-se que o sistema monocultivo foi superior aos demais sistemas em relação a proteína e não teve diferença estatística para a gordura e sólidos no leite. No entanto quando extrapolado para produção por hectare observou que não teve diferença entre os sistemas. (Figura 10).



**Figura 10.** Composição do leite de vacas em pastejo de capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.

O sistema biodiverso apresentou menor taxa de lotação média ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em relação ao sistema de monocultivo e consórcio (Figura 11). Para taxa de lotação instantânea que se refere a quantidade animal (UA) em determinado momento por hectare, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos. A lotação instantânea média do ensaio em quilos foi de  $6.949 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo que não houve diferença entre os tratamentos.



**Figura 11:** Taxa de lotação instantânea e média em relação ao sistema de vacas em pastejo de capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.

A média de produção diária de leite foi superior no sistema biodiverso em seguida do consórcio e monocultivo. Em relação à média da contagem de células somáticas (CCS) do leite durante o período, observou-se que não houve diferença entre os tratamentos, em que, a média da contagem de células somáticas do leite do ensaio foi de 1235 (x1000 cs. mL<sup>-1</sup>).

Houve diferença na produção de leite para cada 100 kg de peso vivo animal, em que, a produção de leite foi superior no tratamento do sistema biodiverso, 1,93 kg leite para cada 100 kg de peso vivo animal. Os animais sobre os tratamentos de monocultivo e consórcio apresentaram os menores índices de produção de leite para cada 100 kg de peso vivo animal, 1,36 e 1,51 kg de leite para cada 100 kg de peso vivo animal, respectivamente (Tabela 3).

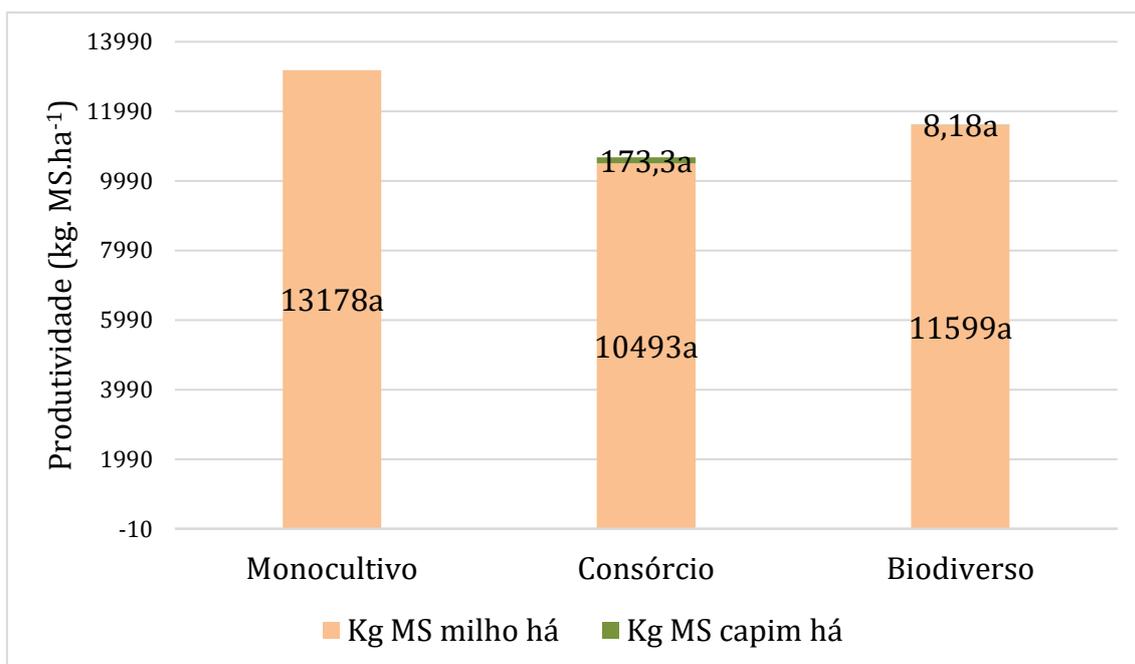
**Tabela 3.** Composição química do leite, a produção individual por vaca e por hectare, leite, e produção de leite para 100kg de peso vivo animal das vacas leiteiras pastejado em capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.

Tratamento	Leite (kg.vaca <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	Leite (kg.ha <sup>-1</sup> )	CCS (x1000CS/ml)	SNG (g.100g <sup>-1</sup> )	Lactose (g.100g <sup>-1</sup> )	Leite 100kg.PV <sup>-1</sup>
Monocultivo	7,1b	868a	1496a	8,58a	4,14a	1,36b
Consórcio	7,79ab	897a	934a	8,1b	3,29b	1,51b
Biodiverso	8,31a	827a	1276a	8,04b	3,32b	1,93a
SE	0,25	90,7	224	0,05	0,17	0,056

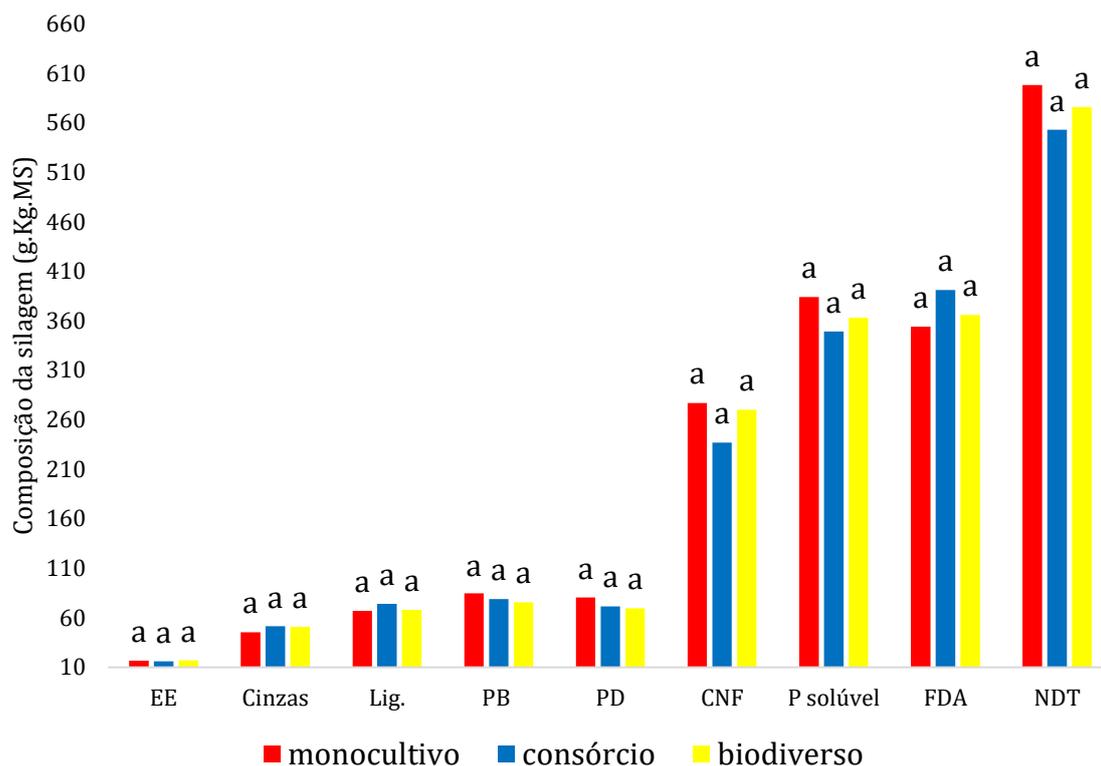
Leite kg/dia: produção de leite individual por dia, leite ha: leite por ha, ccs: contagem de células somáticas, Leite 100 kg-Pv: produção de leite a cada 100kg de peso vivo.

### *Silagem*

Na produção de milho consorciado com capim-tamani, a população de plantas para os sistemas de monocultivo, consórcio e biodiverso foram de 3,75; 2,9; e 3,5 (plantas m<sup>-1</sup>), respectivamente. Também não houve diferença nas produtividades tanto de milho quanto de tamani (Figura 12). Os componentes da silagem não tiveram diferença entre os sistemas (Figura 13).



**Figura 12.** Produtividade do milho consorciado com tamani na área total posterior aos pastejo de capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.



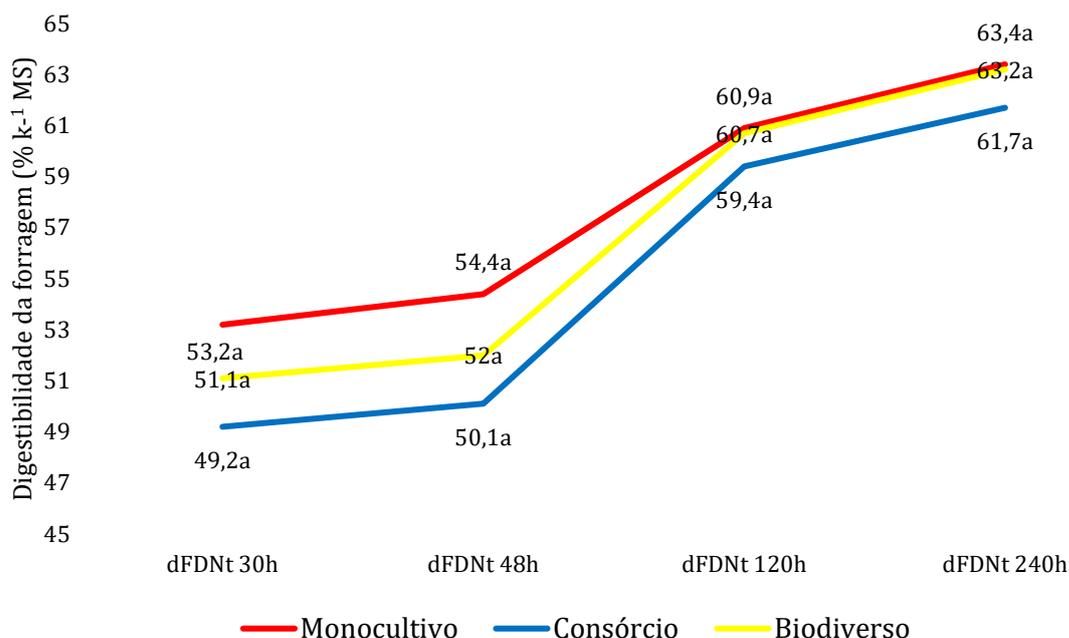
**Figura 13.** Composição da silagem após o pastejo de vacas em capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.

EE: extrato etéreo, lig.: lignina, PB: proteína bruta, PD: proteína disponível, CNF :carboidratos não fibrosos, P solúvel: proteína solúvel, FDA: fibra detergente ácido, NDT: nitrogênio digestíveis totais.

A fibra em detergente neutro na matéria orgânica apresentou para o sistema monocultivo, consórcio e biodiverso, 57,7; 58,5; 61,8 (%), respectivamente. Não teve diferença estatística da digestibilidade da silagem entre os sistemas (Figura 14).

Com relação a taxa de lotação animal percebeu-se correlação negativa aos níveis de FDA e lignina (Figura 15). Não observou efeito negativo da taxa de lotação para a produtividade por hectare, no entanto, percebeu-se correlação negativa entre taxa de lotação e produtividade de leite por kg.100 kg peso vivo<sup>-1</sup>.

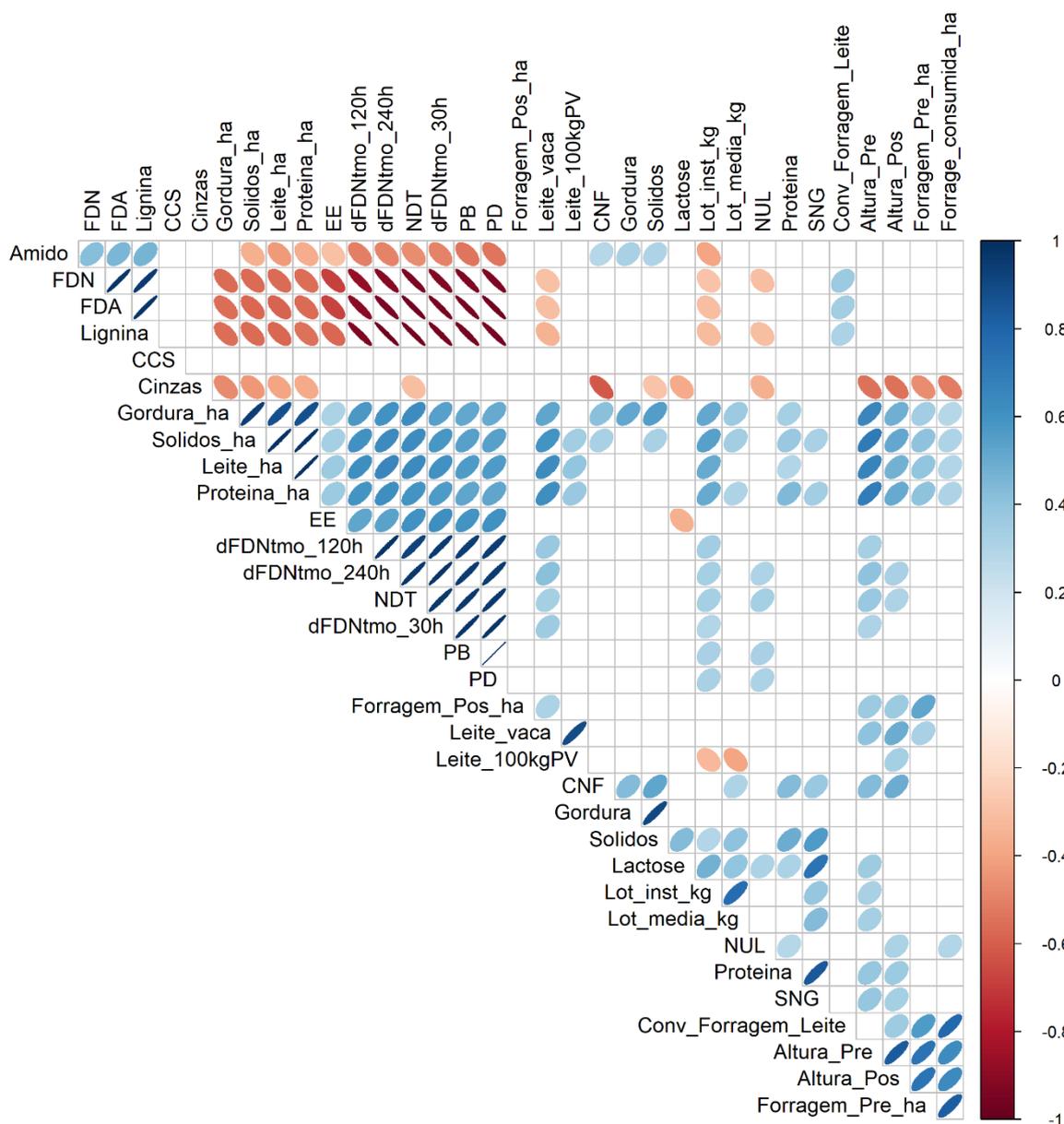
No geral, percebeu-se correlação positiva para a composição e produção do leite com os nutrientes digeríveis totais, proteína bruta e digestível, digestibilidade da FDN as 30, 120 e 240 horas, extrato etéreo na forragem (Figura 15). A lignina e FDA apresentaram correlação oposta para composição e produção de leite.



**Figura 14.** Digestibilidade da silagem (% de degradação do FDN) após o pastejo de vacas em pastejo de capim-tamani (monocultivo), consórcio de capim-tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.

dFDNt 30h: digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica após 30 horas, dFDNt 48h: digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica após 48 horas, dFDNt 120h: digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica após 120 horas, dFDNt 240h: digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica após 240 horas.

Há forte correlação positiva entre leite<sub>ha</sub> e proteína<sub>ha</sub>, observa-se também correlação negativa entre lignina e gordura<sub>ha</sub>, e as variáveis como dFDNtmo<sub>30h</sub>, dFDNtmo<sub>120h</sub> e dFDNtmo<sub>240h</sub> apresentam forte correlação positiva entre si (Figura 15).

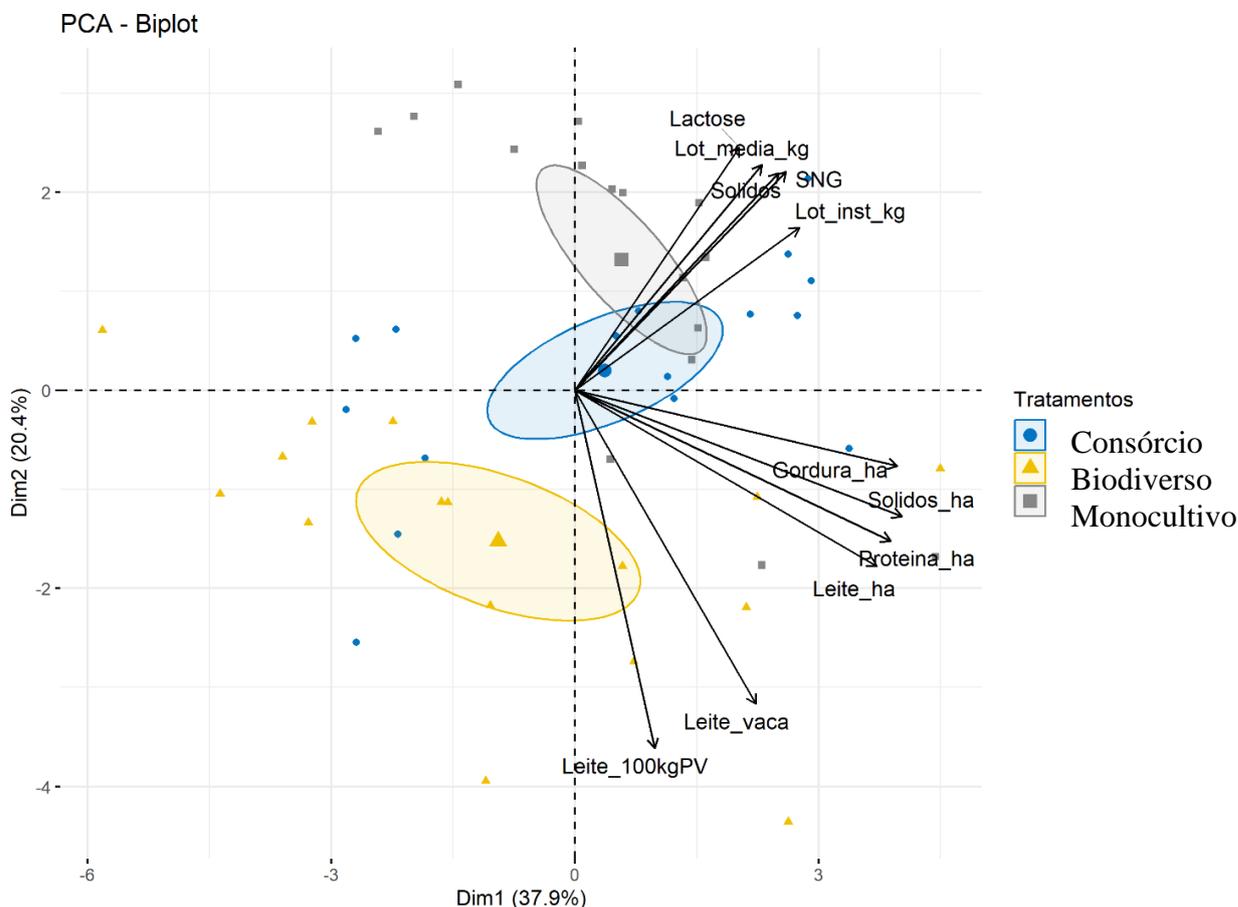


**Figura 15.** Matriz de correlação de Pearson entre o desempenho animal, desempenho e composição vegetal em sistema com pastejo de tamani (monocultivo), consórcio de tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em integração lavoura-pecuária-floresta considerando todos os ciclos de pastejo.

FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: Fibra em detergente ácido; CCS: Contagem de células somáticas no leite; EE: Extrato etéreo; dFDNtmo: Digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica, em horas; PB: Proteína bruta; PD: Proteína digestível; CNF: Carboidratos não fibrosos; Lot\_inst: Taxa de lotação instantânea; Lot\_média: Taxa de lotação média; NUL: Nitrogênio ureico no leite, SNG: sólidos não gordurosos.

Na Figura 16 as variáveis como Lactose, Lot\_média\_kg e Sólidos estão altamente correlacionadas e têm grande influência na Dim1. Os pontos para o tratamento consórcio

estão mais concentrados, enquanto os pontos para biodiverso e monocultivo estão mais dispersos, indicando maior variabilidade nos dados desses tratamentos.

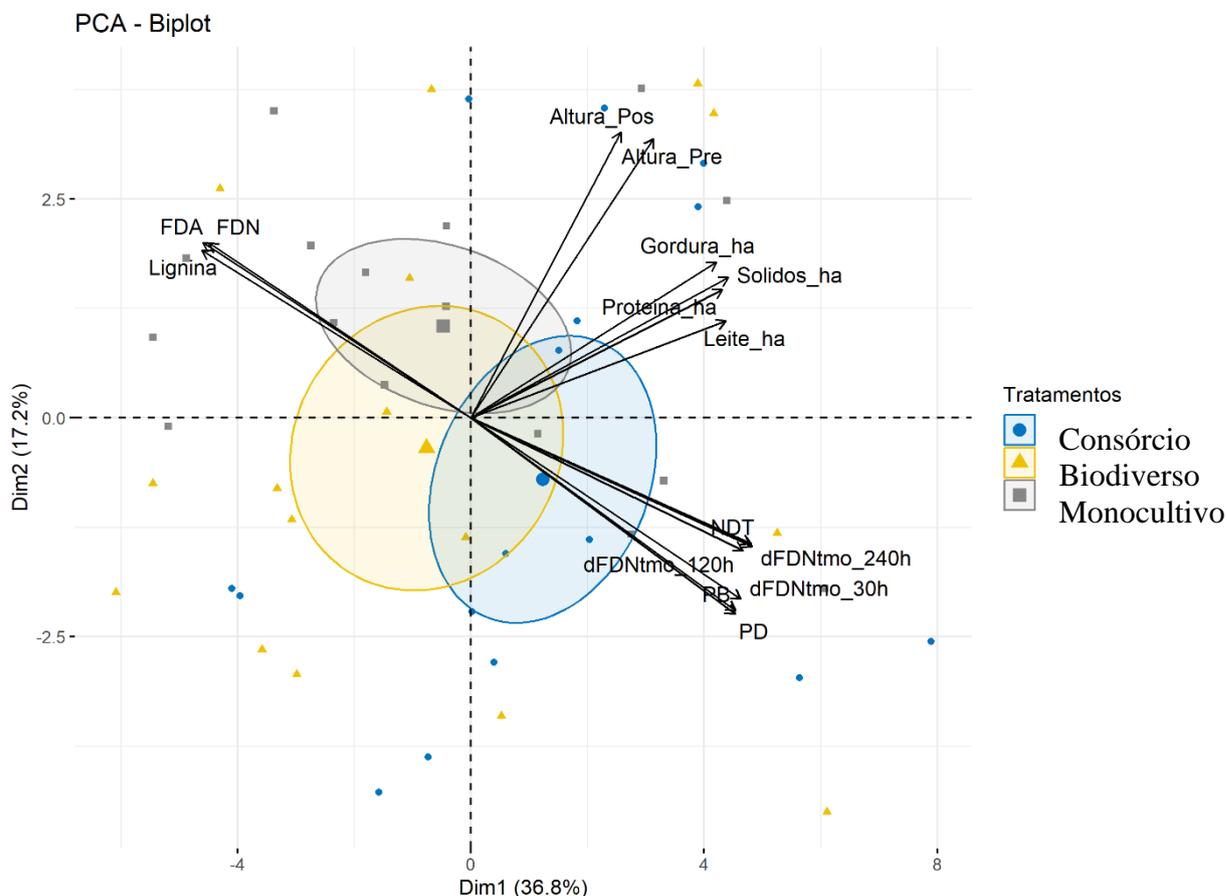


**Figura 16.** Biplot PCA do desempenho animal, desempenho e composição vegetal em sistema com pastejo de tamani (monocultivo), consórcio de tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em integração lavoura-pecuária-floresta considerando a média dos ciclos de pastejo.

FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: Fibra em detergente ácido; CCS: Contagem de células somáticas no leite; EE: Extrato etéreo; dFDN<sub>tmo</sub>: Digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica, em horas; PB: Proteína bruta; PD: Proteína digestível; CNF: Carboidratos não fibrosos; Lot<sub>inst</sub>: Taxa de lotação instantânea; Lot<sub>média</sub>: Taxa de lotação média; NUL: Nitrogênio ureico no leite, SNG: sólidos não gordurosos

Na Figura 17 as variáveis como Altura\_Pós e Altura\_Pré estão fortemente correlacionadas e têm grande influência na Dim2. As variáveis dFDN<sub>tmo</sub><sub>30h</sub>, dFDN<sub>tmo</sub><sub>120h</sub> e dFDN<sub>tmo</sub><sub>240h</sub> estão correlacionadas entre si e influenciam fortemente a Dim1. Os tratamentos biodiverso, consórcio e monocultivo estão

distribuídos de maneira que os pontos biodiverso e monocultivo apresentam maior dispersão, enquanto consórcio está mais concentrado.



**Figura 17.** Biplot PCA do desempenho animal, desempenho e composição vegetal e digestibilidade em sistema com pastejo de tamani (monocultivo), consórcio de tamani e guandu (consórcio) e ovinos (biodiverso) em integração lavoura-pecuária-floresta considerando a média dos ciclos de pastejo.

FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: Fibra em detergente ácido; CCS: Contagem de células somáticas no leite; EE: Extrato etéreo; dFDNtmo: Digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica, em horas; PB: Proteína bruta; PD: Proteína digestível; CNF: Carboidratos não fibrosos; Lot\_inst: Taxa de lotação instantânea; Lot\_média: Taxa de lotação média; NUL: Nitrogênio ureico no leite, SNG: sólidos não gordurosos, dFDNt 30h: digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica após 30 horas, dFDNt 48h: digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica após 48 horas, dFDNt 120h: digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica após 120 horas, dFDNt 240h: digestibilidade da fibra em detergente neutro na matéria orgânica após 240 horas.

Observando as duas primeiras dimensões da análise de componentes principais (Figura 16), a lactose, lot\_média kg, sólidos, SNG e lot inst\_Kg tende para o sistema monocultivo, enquanto o sistema consórcio encontra-se no centro das variáveis e o

sistema biodiverso apresenta maior quantidade de leite por 100 kg de peso vivo e leite por vaca dia.

## Discussões

A produção média de leite dos três sistemas foi em média de 7,73 kg.dia<sup>-1</sup> próximo ao potencial médio das pastagens tropicais que é de 8 kg de leite.dia<sup>-1</sup> (Paciullo *et al.*, 2005). A produção individual de leite animal no sistema biodiverso foi superior em relação aos demais sistemas, no entanto a taxa de lotação também foi inferior aos demais sistemas, podendo ter sido influenciada pela melhor seleção de forragem. Segundo Paciullo *et al.*, (2005) a produção de leite em uma pastagem é condicionada por vários fatores dentre os quais podem ser destacados a aptidão leiteira da vaca, a qualidade do pasto, a disponibilidade de pasto (oferta de forragem), o rendimento forrageiro da pastagem (capacidade de suporte), o sistema de pastejo e a suplementação da pastagem.

Sobre a produção de leite nota-se que as variáveis da forrageira como altura do dossel forrageiro no pré e pós-pastejo, disponibilidade de forragem e composição da forragem afetam a produtividade de leite por hectare, de leite por vaca, bem como a relação de produção de leite para 100 kg de peso vivo animal, taxa de lotação e a composição e produção do leite.

A taxa de lotação no sistema biodiverso embora tenha sido inferior, sendo de 2,87 contra a média de 4,14 dos demais sistemas, o sistema biodiverso contou também com o pastejo de 10 ovelhas e 1 um carneiro no sistema por cerca de 77 dias. A conversão de matéria seca em leite foi superior no sistema biodiverso, ou seja, requer maior taxa de consumo de matéria seca para produzir 1 kg de leite e consequentemente sua taxa de lotação foi inferior aos demais sistemas.

A disponibilidade de forragem não variou, uma vez que a altura do dossel também permaneceu constante. No entanto, observou-se diferença no sistema de cultivo apenas para FDN e lignina da forragem, com valores inferiores encontrados no consórcio. Isso ocorre porque a FDN inclui hemicelulose, celulose e lignina, além de alguma contaminação por pectina, proteína e cinzas (Hall, 2003;).

A FDN é formada essencialmente por lignina, celulose e hemicelulose, compondo a parte estrutural da forragem que influencia o consumo voluntário dos animais. De acordo com Van Soest (1994), percentuais de FDN entre 55 e 65 g kg<sup>-1</sup> na matéria seca

do alimento estão inversamente relacionados à ingestão. Forragens com menor teor de FDN são consumidas em maior quantidade, logo teores de FDN superiores a  $65 \text{ g kg}^{-1}$  na matéria seca são desfavoráveis ao consumo, sendo preferíveis valores mais baixos (Moura *et al.*, 2011). Portanto, os valores de FDN da forragem dos diferentes sistemas de cultivo apresentaram-se inferiores ao limite que desfavorece o consumo, e que, as forragens dos sistemas de consórcio tenderão a apresentar maior taxa de consumo devido ao menor índice de FDN.

O teor de proteína bruta reduziu, de acordo com o aumento dos ciclos de pastagem, e o nível de proteína bruta reduziu 34,1% do 1º ao 4º ciclo de pastagem. O mesmo comportamento foi observado para o teor de proteína digestível, sendo que a proteína digestível reduziu em até 34,4% no pré-pastejo último ciclo. Esse comportamento era esperado pelos resultados observados na Tabela 6, do comportamento fenológico da forragem.

De acordo com o passar dos ciclos de pastejo notou-se que a forragem apresentou menores taxas de nutrientes digestíveis totais indo de  $497 \text{ g kg}^{-1}$  de MS no 1º ciclo para  $412 \text{ g kg}^{-1}$  de MS no 4º ciclo. Por fim, os níveis de carboidratos não fibrosos apresentaram-se superiores nos dois primeiros ciclos comparando-os com os demais. Esses resultados justapõem-se com resultados discutidos anteriormente sobre a massa seca e altura do dossel forrageiro.

Observou-se que conforme aumenta-se os ciclos de pastejo ocorre redução da digestibilidade da pastagem independente do sistema do cultivo. Apesar disso, não foram observadas diferenças na digestibilidade da FDN da forragem dos diferentes sistemas de cultivos e ciclos de pastagem. O fato de haver redução, mesmo que significativa, está atrelado aos resultados apresentados anteriormente, em que, nos últimos ciclos é observado menor teor de nutrientes digestíveis, proteína digestível, maior conteúdo de lignina e FDN, reduzindo a digestibilidade da FDN (Gomes *et al.*, 2023).

Os valores de extrato etéreo (EE) variam de 16,1 a  $16,9 \text{ g kg}^{-1}$  MS entre os sistemas, enquanto os valores de proteína bruta variam de 75,8 a  $84,7 \text{ g kg}^{-1}$  MS. Esses valores são semelhantes aos encontrados por Moraes *et al.* (2013), que avaliaram plantas de milho da cultivar AS32 e encontraram aproximadamente  $14,9 \text{ g kg}^{-1}$  MS de extrato etéreo e  $77,6 \text{ g kg}^{-1}$  MS de proteína bruta, Junior *et al.* (2005) avaliando também 8 cultivares de milho para silagem também encontraram resultados semelhantes variando de 77,7 a  $88,1 \text{ g kg}^{-1}$  MS de proteína bruta, em contrapartida os valores de EE foram superiores, oscilando entre 36,3 e  $38,7 \text{ g kg}^{-1}$  MS.

Teores de PB inferiores a 7% na matéria seca das gramíneas tropicais promovem redução na digestão das mesmas, por causa de inadequados níveis de nitrogênio para os microrganismos do rúmen (Milford e Minson, 1966). Segundo Van Soest (1994), valores de proteína bruta (PB) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) devem ser acima de 70 e de 550 g kg<sup>-1</sup> MS respectivamente. Conhecer o teor de proteínas nos alimentos é imprescindível para compor uma dieta para ruminantes, o conhecimento dessa fração fornece informações precisas para a formulação de rações para que estas estejam alinhadas com a real necessidade dos animais, evitando dessa forma consumo excessivo e perdas de nutrientes (Valadares Filho *et al.*, 2002).

### **Conclusões**

Os diferentes sistemas de cultivo apresentaram semelhanças quanto a produtividade e composição da silagem. Quanto aos parâmetros de forragem, também não foram observadas diferenças entre os tratamentos. A produtividade de leite por área (leite por hectare) também não foi afetada pelos tratamentos, gerando destaque para o tratamento biodiverso, uma vez que além do pastejo das vacas leiteiras, este ainda proporcionou o pastejo dos ovinos.

## Referências

**BALBINO, L. C., CORDEIRO, L. A. M., PORFÍRIO-DA-SILVA, V., DE MORAES, A., MARTÍNEZ, G. B., ALVARENGA, R. C., KICHEL, A. N., FONTANELI, R. S., DOS SANTOS, H. P., FRANCHINI, J. C., GALERANI, P. R.** Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, p. i–xii, 2012.

**BATES, D., MAECHLER, M., BOLKER, B., WALKER, S.** Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, v. 67, n. 1, p. 1-48, 2015. DOI: 10.18637/jss.v067.i01.

**EMBRAPA GADO DE CORTE.** BRS Tamani – Panicum maximum. Campo Grande, MS, 2015. 1 folder.

**FERNANDES, G. F., EVANGELISTA, A. F., BORGES, L. S.** Potencial de espécies forrageiras para produção de silagem: revisão de literatura. *Revista Eletrônica Nutri Time*, v. 13, n. 3, p. 4652-4656, 2016.

**FRANK, D. A.** A ecologia dos ecossistemas de pastagem da Terra. *Biociências*, v. 48, p. 513-521, 1998.

**GOMES, E. N. O., DIAS, A. M., JUNGES, L., ÍTAVO, L. C. V., DIFANTE, G. D. S., BATISTOTI, J. O.** Influence of the cut intervals on hay quality of Panicum maximum cv. BRS Tamani in Brazilian Cerrado. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, v. 14, n. 2, p. 450-465, 2023.

**HALL, M. B.** Challenges with nonfiber carbohydrate methods. *Journal of Animal Science*, v. 81, p. 3226-3232, 2003.

**HAYNES, R. J.** Ciclagem de nutrientes e fertilidade do solo no ecossistema de pastagens pastoreadas. *Avanços em Agricultura*, 49, 119-199, 1993.

**ISO 13366-2: 2006** - Milk - Enumeration of somatic cells - Part 2: Guidance on the operation of fluoro-opto-electronic counters. Brussels, Belgium, 2006. 15 p.

**ISO 9622: 2013** - Milk and liquid milk products - Guidelines for the application of mid-infrared spectrometry. Brussels, Belgium, 2013. 14 p.

**Júnior, E. F., Possenti, R. A., Lima, M. L. P., Nogueira, J. R., & de Andrade, J. B.** Características agronômicas, composição química e qualidade de silagem de oito cultivares de milho. *Boletim de Indústria Animal*, 62(1), 19-27, 2005.

**KACHLER, J., BENRA, F., BOLLIGER, R., ISAAC, R., BONN, A., & FELIPE-LUCIA, M. R.** Can we have it all? The role of grassland conservation in supporting forage production and plant diversity. *Landscape Ecology*, 38(12), 4451-4465, 2023.

**Kassambara, A., Mundt, F.** *factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses*. R package version 1.0.7. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>, 2020.

**KRUEGER, W. C., SANDERSON, M. A., CROPPER, J. B., MILLER-GOODMAN, M., KELLEY, C. E., PIEPER, R. D., SHAVER, P. L.** Impactos ambientais da pecuária nas pastagens dos EUA. Documento nº 22 do Conselho de Ciência e Tecnologia Agrícola (CAST), Ames, IA, 2002.

**LENTH, R.** *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means*. R package version 1.8.5, 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>.

**MILFORD, R.; MINSON, D.J.** Intake of tropical pasture species. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGEM, 9., São Paulo. Anais... São Paulo: Secretaria de Agricultura, 1966. p. 814-822, 1965.

**MOURA, R.; NASCIMENTO, M.; RODRIGUES, M.; OLIVEIRA, M.; LOPES, J.** Razão folhas/haste e composição bromatológica da rebrota de estilosantes Campo Grande em cinco idades de corte. *Acta Scientiarum Sciences*, Maringá, v. 33, n. 3, p. 249-253, 2011.

**PACIULLO, D.S.C.; HEINEMANN, A.B.; MACEDO, R.O.** Sistema de produção de leite baseados no uso de pastagens. *Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos, Goiás*, v. 1, n. 1, p. 88-106, ago. 2005.

**PERCIE DU SERT, Nathalie et al.** As diretrizes ARRIVE 2.0: Diretrizes atualizadas para relatar pesquisas com animais. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, v. 40, n. 9, p. 1769-1777, 2020.

**R CORE TEAM.** *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Áustria, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

**SCHERER-LORENZEN, M.** O papel da diversidade e composição das plantas para a lixiviação de nitrato em pastagens. *Ecologia*, v. 84, p. 1539-1552, 2003.

**SEBASTIEN, L.; JOSSE, J.; HUSSON, F.** FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, v. 25, n. 1, p. 1-18, 2008. DOI: 10.18637/jss.v025.i01.

**VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA Jr., V.R.; CAPPELLE, E.R.** Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002.

**Van Soest, P. J.** Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA, 1994.

**VIANA, M. C. M.; MASCARENHAS, M. H. T.; FREIRE, F. M.; GUIMARÃES, C. G.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. M. S.** Produção e qualidade do milho para silagem em diferentes arranjos estruturais do eucalipto, no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, 2010.