

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Programa de Pós-graduação em Zootecnia

Walther Malta Coutinho Rezende Pereira

Produtividade e Valor nutritivo dos capins Piatã, Zuri e Tamani em sistemas ILPF na
Região Central de Minas Gerais

Belo Horizonte
2023

Walther Malta Coutinho Rezende Pereira

Produtividade e Valor nutritivo dos capins Piatã, Zuri e Tamani em sistemas ILPF na
Região Central de Minas Gerais

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia da Escola
de Veterinária da Universidade Federal de
Minas Gerais como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção Animal

Prof. Orientador: Dr.^a Ângela Maria
Quintão Lana

Coorientador: Dr. Miguel Marques Gontijo
Neto

Belo Horizonte

2023

P436p

Pereira, Walther Malta Coutinho Rezende, 1993 -

Produtividade e valor nutritivo dos Capins Piatã, Zuri e Tamani em sistemas ILPF na Região Central de Minas Gerais/ Walther Malta Coutinho Rezende Pereira.-2023. 83f: il.

Orientadora: Ângela Maria Quintão Lana

Coorientador: Miguel Marques Gontijo Neto

Dissertação (Mestrado) apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária da UFMG, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Bibliografia: f. 80 – 83.

1. Plantas forrageiras - Teses - 2. Solo - Qualidade - Teses – 3. Valor Nutricional – Teses. I. Lana, Ângela Maria Quintão - II. Gontijo Neto, Miguel Marques - III. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária - IV. Título.

CDD – 633.2

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes CRB 2569

Biblioteca da Escola de Veterinária, UFMG.



Escola de Veterinária
UFMG

ESCOLA DE VETERINÁRIA DA UFMG
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Av. Antônio Carlos 6627 - CP 567 - CEP 30123-970 - Belo Horizonte - MG
TELEFONE (31)-3409-2173

www.vet.ufmg.br/academicos/pós-graduação
E-mail: cpzootec@vet.ufmg.br

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE WALTHER MALTA COUTINHO REZENDE PEREIRA

As 14:00 horas do dia 28 de abril de 2023, reuniu-se, a Comissão Examinadora de dissertação, aprovada em reunião ordinária no dia 02/03/2023, para julgar, em exame final, a defesa da dissertação intitulada:

Produtividade e valor nutritivo dos capins listã, furi e Tamani em sistemas ILPF na região central de Minas Gerais

_____, como requisito final para a obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia, área de concentração Produção Animal

Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Profa. Ângela Maria Quintão Lana, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da Defesa de dissertação, passou a palavra ao (a) candidato (a), para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato (a). Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento da dissertação, tendo sido atribuídas as seguintes indicações:

	Aprovada	Reprovada
Prof.(a)/Dr.(a) <u>Edilene Aparecida da Silva</u>	☒	☐
Prof.(a)/Dr.(a) <u>Flávia Cristina Teixeira</u>	☒	☐
Prof.(a)/Dr.(a) <u>Ângela Maria Quintão Lana</u>	☒	☐
Prof.(a)/Dr.(a) _____	☐	☐
Prof.(a)/Dr.(a) _____	☐	☐

Pelas indicações, o (a) candidato (a) foi considerado (a): ☒ Aprovado (a)
☐ Reprovado (a)

Para concluir o Mestrado, o(a) candidato(a) deverá entregar 03 volumes encadernados da versão final da dissertação acatando, se houver, as modificações sugeridas pela banca, e a comprovação de submissão de pelo menos um artigo científico em periódico recomendado pelo Colegiado dos Cursos. Para tanto terá o prazo máximo de 60 dias a contar da data defesa.

O resultado final, foi comunicado publicamente ao (a) candidato (a) pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ata, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora e encaminhada juntamente com um exemplar da dissertação apresentada para defesa.

Belo Horizonte, 28 de abril de 2023.

Assinatura dos membros da banca:

 Documento assinado digitalmente
EDILENE APARECIDA DA SILVA
Data: 28/04/2023 14:52:12-0300
Verifique em: https://validar.br.gov.br

 Documento assinado digitalmente
FLÁVIA CRISTINA TEIXEIRA
Data: 28/04/2023 14:53:15-0300
Verifique em: https://validar.br.gov.br

 Documento assinado digitalmente
ÂNGELA MARIA QUINTÃO LANA
Data: 28/04/2023 17:29:11-0300
Verifique em: https://validar.br.gov.br

Doutorado/Atadefesa.doc

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e a todos os professores que me ajudaram e contribuíram para a realização deste projeto. Sem o apoio e incentivo deles, eu não teria conseguido alcançar este resultado. Agradeço de coração por todo o suporte e ensinamentos valiosos que recebi. A educação é a base e a chave para transformar o mundo.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) por possibilitar a realização do mestrado, instituição de referência e que retorna para a sociedade todo o investimento e confiança que nela é depositado.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e a todos os trabalhadores da unidade Embrapa Milho e Sorgo, que auxiliaram e foram importantíssimos para a realização da pesquisa.

À Capes, ao CNPQ, e à Fapemig pelos recursos financeiros concedidos para realização desta pesquisa.

À minha orientadora Dr.^a Ângela Maria Quintão Lana, que forneceu apoio nas situações mais difíceis, principalmente nos momentos em que eu pensei que não seria possível concluir o mestrado, e ao meu coorientador Dr. Miguel Marques Gontijo Neto, responsável da área de estudo na Embrapa Milho e Sorgo, que sempre me acolheu, forneceu apoio e me incentivou, com críticas construtivas, buscando soluções durante toda a realização da pesquisa.

RESUMO

Objetivou-se avaliar a produtividade e os parâmetros agronômicos e bromatológicos das forragens *Urochloa brizantha* cv. Piatã, *Megathyrsus maximus* cv. Zuri e *Megathyrsus maximus* cv. Tamani, em sistemas silvipastoris (SSP) com diferentes densidades arbóreas e na pastagem a pleno sol. O ensaio foi conduzido no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, no município de Sete Lagoas, Minas Gerais. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente ao acaso, com parcelas subdivididas no espaço, com seis repetições. As parcelas corresponderam a quatro arranjos espaciais: três arranjos de SSP com *Eucalyptus grandis* GG100 (15×2, 15×4 e 15×8 m) e um monocultivo de gramíneas. As subparcelas foram compostas por três cultivares de gramíneas: *U. brizantha* cv. Piatã, *M. maximus* cv. Zuri e *M. maximus* cv. Tamani. As subparcelas constaram de quatro cortes a 20 cm de altura da superfície do solo, com seis repetições em cada. Avaliou-se a radiação solar incidente no dossel de cada tratamento e determinou-se a produtividade de biomassa de forragem e a proporção dos componentes folha e colmo na biomassa de forragem. Avaliou-se na biomassa de forragem e nos componentes da folha os teores de proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina (LIG), matéria mineral (MM) e a digestibilidade *in vitro* na matéria seca (DIVMS). O sombreamento causado pelos renques de eucalipto nos SSPs impactou positivamente a qualidade da forragem, especialmente o teor de PB, em relação a forragem produzida a pleno sol. Avaliando as quantidades de árvores por hectare de 166 árv./ha e 333 árv./ha nos SSPs, as pastagens estudadas sofreram reduções significativas na radiação solar incidente e, conseqüentemente, reduções significativas na produção de biomassa de planta inteiras, de folhas e colmos na forragem quando comparadas à pastagem a pleno sol, mas surpreendentemente, a densidade arbórea de 84 árv./ha, se mostrou estatisticamente igualmente produtiva a PS. A cv. Zuri apresentou os melhores resultados de produtividade de massa de forragem a PS e nas diferentes densidades arbóreas. Os valores médios de PB encontrados nas avaliações da cv. Tamani (14-18% $p < 0,01$), revela-se um importante fator para a utilização da cultivar, tendo como potencial uma alta produtividade na pecuária leiteira e de corte por animal. O tratamento com 84 árv./ha resulta nos mesmos índices de produtividade a PS, com incremento da qualidade bromatológica nas pastagens. Assim, o espaçamento se

torna recomendado para produtores que desejam implementar um ILPF, aliando seus benefícios, sem perder produtividade.

Palavras-chave: pastagem; produtividade; radiação solar no dossel; sistemas agroflorestais; valor nutricional

ABSTRACT

The objective was to evaluate the productivity and the agronomic and bromatological parameters of *Urochloa brizantha* cv. Piatã, *Megathyrsus maximus* cv. Zuri and *Megathyrsus maximus* cv. Tamani, in silvopastoral systems (SSP) with different tree densities and in full sun pasture. The test was carried out in the experimental field of Embrapa Milho e Sorgo, in the municipality of Sete Lagoas, Minas Gerais. The experimental design adopted was completely randomized, with plots subdivided in space, with six replications. The plots corresponded to four spatial arrangements: three arrangements of SSP with *Eucalyptus grandis* GG100 (15×2, 15×4 and 15×8 m) and a monoculture of grasses. The subplots were composed of three grass cultivars: *U. brizantha* cv. Piatã, *M. maximus* cv. Zuri and *M. maximus* cv. Tamani. The subplots consisted of four cuts 20 cm above the soil surface, with six replications in each. The incident solar radiation on the canopy of each treatment was evaluated and the forage biomass productivity and the proportion of leaf and stem components in the forage biomass were determined. Crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin (LIG), mineral matter (MM) was evaluated in the forage biomass and leaf components and *in vitro* dry matter digestibility (IVDM). The shading caused by the eucalyptus rows in the SSPs positively impacted forage quality, especially the CP content, in relation to forage produced in full sun. Evaluating the amounts of trees per hectare of 166 trees/ha and 333 trees/ha in the SSPs, the studied pastures suffered significant reductions in incident solar radiation and, consequently, significant reductions in the production of whole plant biomass, leaves and stems in forage when compared to pasture in full sun, but surprisingly, the tree density of 84 trees/ha, was statistically equally productive to PS. The cv. Zuri showed the best forage mass productivity results at PS and at different tree densities. The average values of CP found in the evaluations of cv. Tamani (14-18% $p < 0.01$), proves to be an important factor for the use of the cultivar, with the potential for high productivity in dairy and beef cattle per animal. The treatment with 84 trees/ha results in the same productivity indexes as the PS, with an increase in the chemical quality of the pastures. Thus, spacing becomes recommended for producers who wish to implement an ILPF, combining its benefits, without losing productivity.

Keywords: pasture; productivity; solar radiation in the canopy; agroforestry systems; nutritional value.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2

Figura 1 – Precipitação acumulada e temperaturas máximas e mínimas de março de 2021 a julho de 2022..... 33

Figura 2 – Área experimental com os doze ambientes avaliados: sistemas silvipastoris implantado em 2009 com 333 árv. / ha⁻¹ (iLPF102, 103 e 104), em 2009 com 166 árv. / ha⁻¹ (iLPF 202, 203 e 204), em 2011 com 333 árv. / ha⁻¹ (iLPF 302, 303 e 304 e pastagens a pleno sol: implantadas em 2020 (PS402, 403 e 404) 36

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – PIB do Agronegócio: Taxa de variação acumulada no período (%).....	14
Tabela 2 – Taxa de variação trimestral do PIB do Agronegócio (%).....	14
Tabela 3 – Categorias existentes de sistemas de integração	16
Tabela 4 – Médias e desvios padrão de teores de nutrientes da parte aérea de U. decumbens em sistema de monocultivo e consórcio com <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> e <i>Acacia mangium</i>	20

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Caracterização química solo da área experimental na profundidade de 0- 20 cm, Sete Lagoas, MG, 2016.....	37
Tabela 2 – Período experimental do ciclo de pastejo de 2021/2022, nas coletas da forrageira <i>M. maximus</i> cv. Tamani, <i>U. brizantha</i> cv. Piatã e <i>M. maximus</i> cv. Zuri em Sete Lagoas, MG.....	38
Tabela 3 – Médias e desvios padrão de radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) em sistemas com diferentes densidades arbóreas no primeiro e quarto corte, independente da cultivar	42
Tabela 4 – Médias e desvios padrão de radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) para cultivares no primeiro e quarto corte, independente da densidade de árvores.....	42
Tabela 5 – Médias e desvios padrão de radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) nas cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas no segundo corte.....	43
Tabela 6 – Médias e desvios padrão de variáveis de produtividade de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes	46
Tabela 7 – Médias e desvios padrão de variáveis de produtividade de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes	47
Tabela 8 – Médias e desvios padrão de variáveis de produtividade de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, independente da cultivar	49
Tabela 9 – Médias e desvios padrão de variáveis de produtividade de cultivares nos quatro cortes, independente da densidade de árvores	50

Tabela 10 – Médias e desvios padrão de variáveis de produtividade acumulados nos quatro cortes, em sistemas com diferentes densidades arbóreas, independente de cultivar	52
Tabela 11 – Médias e desvios padrão de variáveis de produtividade acumulados nos quatro cortes das cultivares, independente da densidade de árvores	52
Tabela 12 – Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da planta inteira de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes	55
Tabela 13 – Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da planta inteira de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes	56
Tabela 14 – Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da planta inteira em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, independente de cultivar	58
Tabela 15 – Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da planta inteira de cultivares nos quatro cortes, independente da densidade de árvores	59
Tabela 16 – Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da folha de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes	62
Tabela 17 – Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da folha de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes	63
Tabela 18 – Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da folha em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, independente de cultivar	65
Tabela 19 – Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da folha de cultivares nos quatro cortes, independente da densidade de árvores	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al – Alumínio

°C – Temperatura em graus Celsius

Ca – Cálcio

CTC – Capacidade de Troca de Cátions

Cu – Cobre

DIVMS – Digestibilidade in vitro da matéria seca

EP – Erro padrão de média

FBN – Fixação Biológica de Nitrogênio

FDA – Fibra Insolúvel em Detergente Ácido

FDN – Fibra Insolúvel em Detergente Neutro

Fe – Ferro

g – Grama

GEE – Gases de Efeito Estufa

H – Hidrogênio

ha – Hectare

K – Potássio

Kg – Quilograma

ILF – Integração Lavoura Floresta

ILP – Integração Lavoura Pecuária

ILPF – Integração Lavoura Pecuária Floresta

IPF – Integração Pecuária Floresta

LIG – Lignina

m – Metro

m² – Metro quadrado

mm – Milímetro

Mn – Magnésio

MO – Matéria orgânica

MS – Matéria seca

MSFT – Matéria seca forragem total

N – Nitrogênio

P – Fósforo

PB – Proteína Bruta

PFT – Produção forragem total

PS – Pleno sol

PV – Peso vivo

pH – Potencial Hidrogeniônico

PI – Planta Inteira

P-Valor – Valor de Probabilidade

R^2 – Coeficiente de Determinação

RFA – Radiação Fotossinteticamente Ativa

RFAi – Radiação Fotossinteticamente Ativa incidente

SSP – Sistema Silvipastoril

SSPI – Sistema Silvipastoril Intensivo

t – Tonelada

Zn - Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 A importância da produção pecuária bovina no Brasil	17
2.2 A importância de Sistemas Agrossilvipastoris.....	19
2.3 Comportamento do componente forrageiro em sistema integrado	22
2.4 A qualidade de forrageiras em sistemas de integração	26
2.5 Referências Bibliográficas	30
3. PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DE UROCHLOA BRIZANTHA CV. PIATÃ, MEGATHYRSUS MAXIMUS CV. ZURI E MEGATHYRSUS MAXIMUS CV. TAMANI EM SISTEMAS SILVIPASTORIS NA REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS.....	35
3.1 Introdução.....	35
3.2 Material e Métodos	36
3.2.1 Caracterização da área experimental e edafoclimática.....	36
3.2.2 Delineamento, tratamentos experimentais e tratos culturais.....	38
3.2.3 Produção da forrageira.....	41
3.2.4 Determinação do valor nutritivo das forrageiras.....	43
3.2.5 Radiação Fotossinteticamente Ativa incidente (RFAi)	43
3.2.6 Análises estatísticas	44
3.3 Resultados.....	45
3.3.1 Radiação Solar Incidente	45
3.3.2 Produção de massa.....	48
3.3.3 Composição bromatológica	57
3.4 Discussão	71
3.4 Conclusões.....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

1. INTRODUÇÃO GERAL

O aumento da demanda por alimentos e produtos industriais pode levar a um aumento na emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, que é um dos principais fatores responsáveis pelo aquecimento global (Vieira Filho, 2018). Nesse contexto, o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) pode ser uma solução para a produção sustentável de alimentos e outros produtos.

O ILPF é um sistema de produção que integra a lavoura, a pecuária e a floresta na mesma área, com o objetivo de melhorar a produtividade e a sustentabilidade da produção agropecuária. Esse sistema permite a utilização mais eficiente dos recursos naturais, como a água e o solo, e reduz o impacto ambiental da atividade agropecuária.

Além disso, o ILPF também pode contribuir para a redução das emissões de GEE na atmosfera, pois a presença de árvores no sistema ajuda a capturar e armazenar o carbono presente na atmosfera. Dessa forma, o ILPF pode ser uma alternativa sustentável e viável para a produção agropecuária, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.

As discussões acerca da relação entre crescimento e meio ambiente entraram em um novo momento a partir da década de 90 e muitas das críticas direcionadas ao setor da agropecuária se apoiam na argumentação de que a expansão deste setor contribui para o desmatamento e pelo manejo inadequado das pastagens. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em 2021, a taxa de desmatamento na Amazônia aumentou em relação ao ano anterior (2020), com 8.712 km² de floresta destruída entre agosto de 2020 e julho de 2021, um aumento de 4,5% em relação ao mesmo período anterior.

Isto evidencia a necessidade de se desenvolver novas tecnologias capazes de estimular a produção e manter a segurança alimentar, sem que isto represente um agravo ao meio ambiente. Considerando que, quanto mais eficiente for o uso dos fatores de produção, tais como a terra e a água, mais sustentável se tornará o processo produtivo da pecuária (Vieira Filho, 2018). A recuperação e intensificação de áreas de pastagem traz a possibilidade de aumentar a capacidade de suporte animal e contribuir para evitar a demanda por novas áreas destinadas à pastagem,

como consequência haverá redução de avanços sobre florestas nativas (Souza et al., 2020).

Uma alternativa que pode ser adotada para mitigar impactos ambientais é a prática da integração da pecuária e lavoura de grãos ou silagem, ou então pela introdução de árvores na área de pasto, promovendo desta forma o aumento da sustentabilidade. A ILPF é a estratégia dedicada à produção sustentável por meio da integração entre atividades agrícolas, pecuárias e florestais dentro de uma mesma área, objetivando a criação de efeitos sinérgicos entre os agentes deste ecossistema (Pezzopane et al., 2015).

A escolha dos componentes envolvidos no presente estudo tem por objetivo comparar sistemas de produção integrados ILPF e pastagem solteira em monocultivo por meio da avaliação do rendimento dos componentes dos sistemas integrados, envolvendo produtividade e qualidade da pastagem. Mais especificamente será avaliada a produção e a qualidade da forragem em sistemas integrados ILPF constituídos de Eucalipto (*Eucalyptus urophylla* clone GG 100) consorciados com *U. brizantha* cv. Piatã, *M. maximus* cv. Zuri e *M. maximus* cv. Tamani, juntamente com as pastagens em monocultivo de *U. brizantha* cv. Piatã, *M. maximus* cv. Zuri e *M. maximus* cv. Tamani.

Também é de objetivo, avaliar a variável climática de radiação solar e como a sua incidência se comporta nos diferentes sistemas de ILPF.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A importância da produção pecuária bovina no Brasil

A trajetória da pecuária brasileira teve início no século XVI nos estados do Nordeste, para onde foram levadas cabeças de gado originárias de Cabo Verde. No ano de 1550, um novo carregamento foi levado para Salvador por iniciativa de Tomé de Souza, local a partir do qual a atividade pecuária se expandiu (Menez, 2020), sendo característica deste período os sistemas convencionais de produção.

Inicialmente, a atividade possuía finalidade essencialmente complementar em fazendas, visando atender demanda por tração animal. A atividade de criação de gado só se tornou independente de outras finalidades no Século XVII, e no Século XVIII a

atividade pecuária se estendeu para a Região Sul devido a presença de grandes pastagens naturais (Araújo et al., 2013).

A atividade pecuária no Brasil é considerada como uma das mais produtivas em todo o mundo, além disso o país desponta como um dos principais exportadores de carne bovina (Menez, 2020). A cadeia da carne bovina ocupa uma vasta porção do território nacional, o que evidencia a sua importância para a geração de empregos e renda para milhões de brasileiros. A atividade é responsável por movimentar em torno de US \$170 bilhões/ano e gerar mais de sete milhões de empregos (Malafaia, 2019). A tabela 1 e 2 apresenta dados do Produto Interno Bruto (PIB) do Agronegócio em 2022.

Tabela 1 – PIB do Agronegócio: Taxa de variação acumulada no período (%)

Atividade	Insumos	Primário	Agroindústria	Agrosserviços	Total
Agronegócio	23,11	-10,88	-1,19	-4,97	-4,22
Ramo agrícola	35,11	-18,63	-1,33	-6,75	-6,39
Ramo pecuário	-4,83	7,11	-0,58	0,28	2,11

Fonte: CEPEA (2022)

Tabela 2 – Taxa de variação trimestral do PIB do Agronegócio (%)

Atividade	Insumos	Primário	Agroindústria	Agrosserviços	Total
Agronegócio	-1,70	1,23	-0,06	0,66	0,34
Ramo agrícola	-1,93	1,93	-0,69	-0,50	-0,40
Ramo pecuário	1,03	0,88	2,64	4,00	2,42

Fonte: CEPEA (2022)

O PIB do ramo agrícola recuou expressivos 6,39% em 2022, em contrapartida o PIB pecuário avançou 2,11%. O resultado negativo do PIB no ramo agrícola é explicado pelos pesquisadores do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), por uma forte alta dos custos com insumos para a produção agrícola dentro da propriedade, como fertilizantes, defensivos, combustíveis, sementes e outros. Com isso, o aumento dos custos superou o crescimento do faturamento, mesmo considerando-se a média ponderada do aumento nos valores das diversas culturas acompanhadas, houve elevação real de 6,44% do faturamento

e crescimento real de 37,4% dos custos com insumos. Ademais, o PIB agrícola também foi pressionado pela redução da produção em culturas importantes, especialmente soja, que detém peso expressivo no PIB.

Observa-se na Tabela 1 que, no ramo pecuário, o crescimento do PIB em 2022 ocorreu nos segmentos primário e de agrosserviços. No segmento primário, a alta decorreu do aumento nos valores bruto da produção, somado à redução dos custos com insumos, em relação ao patamar expressivamente elevado em 2021.

Isso demonstra a importância dos sistemas integrados para contribuir na redução dos custos de produção e maximização da rentabilidade das áreas de produção (Silva, 2019).

A cadeia produtiva da carne bovina se caracteriza como conjunto de componentes interativos fundamentados em diferentes sistemas produtivos, fornecedores de serviços e insumos, indústrias de processamento e transformação, bem como distribuição e comercialização de produtos e subprodutos (Malafaia et al., 2019). O desenvolvimento da pecuária bovina de corte entre a década de 90 e o início do século 21 se deu pela expansão da fronteira agrícola, com a incorporação de novas terras desprovidas de infraestrutura e que geralmente estavam sofrendo com o desgaste do solo em decorrência da aplicação do sistema intensivo de produção de grãos (Carvalho e Zen, 2017).

Carvalho e Zen (2017) citaram que a elevação da taxa de lotação não implica necessariamente em aumento de produtividade, que se apresenta como resultado de um cálculo sobre o ganho de peso vivo total por hectare. Neste quesito ainda há espaço para melhoria dos índices no Brasil, onde se observa uma produtividade baixa.

Segundo Freitas et al. (2022), o Brasil é um dos países que contam com maior potencial para atender à crescente demanda por alimentos e biocombustíveis, entretanto, na maioria dos casos a abertura de novos campos é a primeira opção, ao invés da racionalização do sistema de produção. O ILPF surge como ferramenta para melhorar a produtividade, em conjunto com a sustentabilidade. Utilizando de modo eficiente dos recursos naturais, como a água e o solo, e reduzindo o potencial impacto ambiental da atividade agropecuária.

2.2 A importância de Sistemas Agrossilvipastoris

Os sistemas integrados consistem em cultivos diversificados, contemplando a produção de alimentos, fibras, energia, produtos madeireiros e não madeireiros, visando a racionalização e incrementos produtivos em relação aos ciclos biológicos das plantas e animais e a utilização de insumos e o manejo dos resíduos (Carvalho, 2018). Os sistemas de integração são classificados em sistema agropastoril, silvipastoril, silviagrícola e agrossilvipastoril (Tabela 3).

Tabela 3 – Categorias existentes de sistemas de integração

Denominação	Caracterização
Integração Lavoura Pecuária (ILP):	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 vários anos, em sequência ou intercalados.
Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) ou Agrossilvipastoril:	Sistema de produção que integra os componentes agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, incluindo também o componente florestal, na mesma área. O componente lavoura restringe-se ou não à fase inicial de implantação do componente florestal.
Integração Pecuária Floresta (IPF) ou Silvicultura:	Sistema de produção que integra o componente pecuário (pastagem e animal) e florestal, em consórcio. Este sistema de produção é mais direcionado para áreas com dificuldade de implantação de lavouras, por isso, inclui apenas os componentes florestal e pecuário na mesma área.
Integração Lavoura Floresta (ILP) ou Silviagrícola:	Sistema de produção que integra o componente florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas anuais ou perenes.

Fonte: Adaptado de Freitas e Santos (2022)

O Sistema Agrossilvipastoril é o mais complexo dentre os citados na tabela 3, pelo fato de incluir três componentes: agricultura, floresta e pecuária, tornando necessário o planejamento e o conhecimento técnico, para que seja possível otimizar os benefícios (Moreira et al., 2018). Para a abordagem agroflorestal, Carvalho (2018) considera se tratar de um plantio intencionalmente biodiverso, pois ao obedecer a dinâmica sucessional da floresta, acarreta em um sistema sofisticado de domesticação da paisagem e de espécies, o que faz com que possa ser considerado como um instrumento de conservação ambiental e provedoria de serviços ambientais.

O ILPF é uma estratégia que promove a recuperação de áreas degradadas e a conservação do meio ambiente, além de trazer benefícios econômicos e sociais para os produtores rurais. Ao combinar diferentes culturas em um mesmo espaço, a ILPF permite que haja uma utilização mais eficiente dos recursos naturais, aumentando a

produtividade da área cultivada e reduzindo os impactos ambientais negativos. O plantio de árvores em áreas de pastagem contribui para a recuperação do solo e para a melhoria da qualidade da água e do ar, além de fornecer sombra para os animais e aumentar a biodiversidade da região (Moreira et al., 2018).

Para Carvalho (2018), a ILPF pode contribuir para a recuperação de áreas degradadas, a manutenção e a reconstituição da cobertura florestal, bem como a geração de empregos e renda. Destaca ainda, como oportunidade de se adequar à legislação ambiental e promover serviços ambientais tais como; a conservação dos recursos hídricos e edáficos, abrigo para agentes polinizadores e de controle natural de pragas e doenças, redução de emissão de gases de efeito estufa, reciclagem de nutrientes e a biorremediação do solo.

A adoção de um sistema ILPF pode contribuir sobremaneira para o incremento da fertilidade do solo de maneira natural, reduzindo assim a dependência de produtos químicos, além de melhorar a capacidade produtiva dos animais e das pastagens, e possibilitar uma renda extra devido aos produtos que podem ser obtidos das árvores (De Carvalho, 2019).

Entretanto, a adoção de um sistema de ILPF está condicionada a fatores como disponibilidade de solos favoráveis, infraestrutura necessária para a produção e armazenamento da produção, recursos financeiros próprios ou acesso ao crédito e domínio da tecnologia para produção de grãos e pecuária, entre outros (Gonçalves, Ramirez e Oliveira, 2020). Parron (2019) mencionou ainda aspectos relacionados aos solos, entre eles: a estrutura, fertilidade, matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e disponibilidade de água.

O componente florestal apresenta grande importância em um sistema integrado, ao favorecer a sinergia e a eficiência do sistema produtivo, pela sua influência direta na conservação do solo pela redução do escoamento superficial da água, permitindo assim maior infiltração de água no solo e consequente recarga do lençol freático. Além disso, o componente arbóreo é fixador de carbono atmosférico acima do solo, e favorece o aumento da biodiversidade (Oliveira e Gonçalves, 2021).

O eucalipto (*Eucalyptus ssp.*) é uma espécie arbórea que vem sendo amplamente empregada em sistemas integrados de produção juntamente a forrageiras e espécies agrícolas. O que se explica pelo fato de se adaptar facilmente

às mais variadas condições climáticas, apresentando rápido crescimento, boa produção de madeira e disponibilidade de mudas (Souza et al., 2020).

Mochiutti et al. (2019) afirmou que a adoção de sistemas integrados por meio de consorciação, rotação ou sucessão nas culturas de grãos com forrageiras cresceu nos sistemas de produção, pela necessidade de se inserir no atual contexto do mercado. Para este fim, as espécies forrageiras mais utilizadas pertencem ao gênero *Urochloa*, o que se explica pela sua importância no segmento de pecuária de corte e de leite.

2.3 Comportamento do componente forrageiro em sistema integrado

Conhecer as reações morfofisiológicas das espécies forrageiras submetidas a restrição luminosa é de fundamental importância para a determinação de estratégias de manejo de plantas forrageiras sombreadas (Sousa e Sousa, 2022). Assim, é necessário conhecer o potencial produtivo em diferentes níveis de radiação solar, e determinar os espaçamentos e arranjos arbóreos capazes de promover o desenvolvimento adequado da planta forrageira, mantendo a quantidade produzida e o valor nutricional da pastagem.

Outro ponto importante a ser levado em consideração segundo Souza et al. (2020) é o fato de as espécies tolerantes ao sombreamento nem sempre serem as mais produtivas, o que se explica devido a diferenças no potencial produtivo das espécies. Neste sentido, Paciullo et al. (2017) avaliaram que uma menor degradação de moléculas de clorofila por foto oxidação em plantas com radiação restrita permitiu a manutenção de menores teores de clorofila em folhas desenvolvidas à sombra, isto permite que espécies forrageiras como o *Urochloa spp.* e *Megathyrsus spp.* apresentem uma boa capacidade de produção em condições de sombra moderada.

Delmondes et al. (2022) relatou que o gênero *Urochloa* se destaca na formação de pastagens nestas condições (ILPF). No estudo realizado pelos autores, nas quatro estações do ano, a comparação da biomassa de folhas foi realizada em cultivares de *Urochloa spp.* (BRS Ipyporã, BRS Paiaguás, BRS Piatã e *Ruziziensis* comum) em um sistema de ILPF com eucalipto (espaçamento de 25 m entre fileiras de árvores e 4 m entre árvores e densidade de 100 árvores/ha). Quando comparadas as cultivares entre as estações do ano, observou-se maior biomassa de folhas (kg/ha) para a

cultivar Piatã em todas as estações, com relação a cultivar *Ruziziensis* comum, enquanto a cultivar Ipyporã e Paiaguás não diferiu da cultivar Piatã no verão, outono e inverno. Na avaliação superior ao primeiro ano de estabelecimento das cultivares em ILPF, a cultivar Piatã se destacou das demais na produção de biomassa de folhas, seguida pelas cultivares Ipyporã e Paiaguás, sendo que a cv. *Ruziziensis* comum apresentou o pior desempenho.

Muitos ensaios são realizados em ambiente de sombra artificial (telas plásticas e lâminas de polietileno) e natural (componente arbóreo), com o propósito de se encontrar forrageiras que se adaptariam bem em uma condição de sombreamento, como é o caso de sistemas agrossilvipastoris. Para este fim, é analisado o comportamento do componente forrageiro submetido a diferentes níveis de sombreamento, o que permite avaliar as possíveis alterações em relação a aspectos morfofisiológicos (Sousa e Sousa, 2022).

Gómez, Guenni e Guenni (2012) utilizando uma lâmina de polietileno para limitar a radiação que atingia a *U. decumbens*, encontrou uma maior taxa de fotossíntese quando a radiação era 100% quando comparada as radiações de 50 e 30%. As produções médias de forragem foram 34 e 57% menores com 50 e 30% de radiação. Com isso, houve uma redução da produção de crescimento de 49% na radiação de 30% comparada a radiação 100%, e aos 42 dias de crescimento, a redução foi de 57%, fato que demonstra a menor produção devido à menor taxa de fotossíntese e ao acúmulo de forragem.

Em um estudo, Reis et al. (2013) observaram um efeito linear na produção de matéria seca (PMS) da forrageira *U. brizantha* cv. Marandu quando submetida a quatro níveis (0, 47, 53 e 66%) de sombreamento artificial (tela de náilon a 2,0 m do solo), em que um aumento de 20% no sombreamento reduziu em 10% a produção de matéria seca.

Sousa e Sousa (2022) afirmaram que a espécie *U. brizantha*, cultivares Marandu e Xaraés em condições de sombreamento apresentaram alongamento do colmo e da área foliar, o que pode ser considerado como estratégia da planta forrageira visando expor ao máximo suas folhas a uma intensidade luminosa. Em um outro estudo envolvendo capim xaraés dentro de um ambiente com 50% de sombreamento, observou-se maior produção de matéria seca total com maior acúmulo de biomassa em sistema radicular, em contrapartida um menor acúmulo de

biomassa na parte aérea. O que se justifica pela menor quantidade de área fotossintética nas idades de 95 e 110 dias após o cultivo da forragem.

Assim, Sousa e Sousa (2022) concluíram que é de fundamental importância a escolha do espaçamento ideal entre as árvores, devido ao fato de que um intenso sombreamento sobre o capim afeta diretamente o acúmulo de massa da forrageira, como ilustra a Tabela 4.

Tabela 4 – Médias e desvios padrão de teores de nutrientes da parte aérea de *U. decumbens* em sistema de monocultivo e consórcio com *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*

Nutrientes	Sistema de Cultivo	
	Monocultivo	Consórcio
Nitrogênio (g/kg)	10 ± 2,2* a**	9,4 ± 3,1 a
Fósforo (g/kg)	0,4 ± 0,2 a	0,5 ± 0,3 a
Potássio (g/kg)	5,1 ± 1,2 a	4,4 ± 1,5 a
Cálcio (g/kg)	8,4 ± 1,3 a	8,3 ± 1,7 a
Magnésio (g/kg)	4,6 ± 1,2 a	5,2 ± 1,3 a
Enxofre (g/kg)	1,1 ± 0,4 a	1,4 ± 0,5 a
Zinco (mg/kg)	11,2 ± 3,4 a	10,4 ± 2,7 a
Boro (mg/kg)	7,5 ± 1,5 a	10,4 ± 2,6 b

*Média e intervalo de confiança estimado pelo teste de t a 5% de probabilidade.

**Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si.

Fonte: adaptado de Sousa e Sousa (2022)

Coelho et al. (2017) relatam com base em estudos anteriores com *U. brizantha*, que a cada metro que a amostra avançava no sentido ao centro da parcela de forrageira, a produtividade se elevou em 54%. E em seu próprio estudo, a maior produção de biomassa ocorreu nas amostras coletadas entre 8 e 12 metros de distância dos renques de eucalipto, o que se explica pelo fato de o centro dos entre renques a condição de luminosidade é semelhante à de sol pleno.

Lopes et al. (2017) avaliaram a produtividade da *U. decumbens* em monocultivo e em IPF. O IPF era composto de renques de eucalipto formados por quatro linhas com três metros entre linhas, três metros entre plantas e 30 metros entre renques. O resultado encontrado foi uma maior ($p < 0,05$) produção de matéria seca digestível no pleno sol (1.917 kg/ha). Quando compararam a produção observada a 10 metros de distância das árvores, houve uma redução de 15,8% (1.614 kg/ha), e na produção obtida sob a copa das árvores, a redução foi de 59,5% (776 kg/ha).

Em um estudo, Coelho, Ferreira e Calil (2017), envolvendo hipótese de o espaçamento entre dois clones de eucalipto (*E. urograndise* e *E. grandis*) influenciar

no manejo de *U. brizantha* cv. Xaraés, em sistema silvipastoril, identificou-se aumento significativo na produtividade e qualidade da forrageira conforme se reduz o sombreamento e aumenta o espaçamento. Evidenciando a importância do bom dimensionamento entre as espécies.

Bosi et al. (2014) avaliaram a produtividade da *U. decumbens* cv. Basilisk em sistemas silvipastoris formados por renques com 17 m de espaço entre linhas, com as árvores nativas angico-branco (*Anadenanthera colubrina*), canafístula (*Peltophorum dubium*), ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa*), jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis*), pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), mutambo (*Guazuma ulmifolia*) e capixingui (*Croton floribundus*). O resultado observado foi que o comportamento produtivo era semelhante aos arranjos com eucalipto, e os autores encontraram uma redução da produtividade com níveis de sombra acima de 39%. Além disso, os resultados mostraram que a produtividade a seis metros do renque foi maior que a dois metros dele.

Barros et al. (2018) utilizaram espaçamentos de 14 e de 22 metros entre renques em sistemas de IPF formados por *U. brizantha* cv. Piatã e linhas simples de eucalipto, encontraram uma produtividade total durante o ano maior ($p < 0,05$) no pleno sol, com reduções de 38,9% na IPF com 22 metros entre renques e de 70,3% na IPF com 14 metros entre renques. Os resultados demonstraram, que as gramíneas com maiores capacidades produtivas sofrem o efeito do sombreamento de forma mais acentuada. Em um estudo semelhante, Geremia et al. (2018) observaram, que, além da maior produtividade de *U. brizantha* cv. Piatã em pleno sol em relação a sistemas de IPF, o intervalo entre pastejos também foi reduzido no pleno sol. Esse menor intervalo de pastejo resulta das maiores taxas de fotossíntese e de crescimento da pastagem em pleno sol comparada ao sistema de IPF.

O plantio de árvores em sistema silvipastoril de forma mais adensada pode resultar em queda na produção de massa seca do capim-massai (*M. maximus* × *M. infestum* cv. Massai), por outro lado pode ser observado uma melhora do bem-estar do animal, devido a esta maior disponibilidade de sombreamento, o que proporciona melhor conforto térmico animal (Sousa e Sousa, 2022).

Com base nos resultados de estudos acerca de características morfológicas de *Lolium perenne* cv. Nui, *Dactylis glomerata* cv. vision e *Trifolium pratense* cv. Pawera em quatro níveis de 0, 25, 50 e 75% de sombreamento, envolvendo padrões contínuos

e alternados, e três períodos distintos de crescimento, Pereira (2018) afirma que a faixa de sombreamento entre 25 e 50% pode ser considerada como a que mais favorece a aclimação morfológica das forrageiras para compensar a restrição luminosa.

Em estudo conduzido com o objetivo de avaliar cultivares de *Megathyrsus spp.* (Massai, Quênia e Tamani) em um sistema de ILPF, foram analisados os três cultivares sob duas alturas de corte (30 e 40 cm) e nas quatro estações do ano. Os cortes foram realizados em outubro (primavera) e dezembro (verão) de 2021 e, em 2022, em março (outono) e julho (inverno), conforme altura pré-determinada. Na comparação entre alturas de cortes, a altura de 30 cm promoveu maior biomassa seca total na primavera e outono, e a altura de 40 cm, no verão, não diferindo no inverno. Na comparação entre cultivares, para biomassa de folhas (kg MS ha^{-1} , média de quatro cortes), Quênia e Massai (média de 1.540) foram superiores quando comparados a cv. Tamani (1.263) (Fernandes et al., 2022).

2.4 A qualidade de forrageiras em sistemas de integração

A composição química e a digestibilidade são parâmetros fundamentais para definir o valor nutritivo das forrageiras, contudo, está sujeito a fatores inerentes às plantas, sendo esses influenciados fortemente pelo ambiente (Abraham, Kyriazopoulos e Parissi, 2014). Dentre os fatores mais importantes estão: a espécie, o cultivar, a idade da planta, o período de tempo para a rebrota, a intensidade de desfolhação, o nível de adubação e os fatores de natureza climática (Van Soest, 1994).

Embora sistemas integrados como o ILPF proporcione condições favoráveis à pastagem, o sombreamento do componente florestal tem a capacidade de influenciar no crescimento e consequentemente na produção da forrageira pela redução da incidência luminosa. O que pode ser contornado ao se apoiar em uma orientação Leste-Oeste a fim de se reduzir a projeção da copa sobre a pastagem e lavoura (Oliveira e Gonçalves, 2021).

Entretanto, as forrageiras utilizadas em um sistema empregado devem apresentar tolerância ao sombreamento, levando em consideração que a pastagem apresentará modificações morfofisiológicas e alterações em seu valor nutritivo sob

estas condições de sombreamento, uma vez que a quantidade de luz disponível é determinante para o crescimento e desenvolvimento das espécies utilizadas segundo (Oliveira e Gonçalves, 2021).

As plantas que são submetidas a estresse de calor durante o verão adquirem mecanismos morfológicos que possibilitam sua sobrevivência, compreendendo a redução do tamanho da folha, capacidade de enrolamento, alta densidade de tricomas, estômatos profundos, acúmulo de mucilagem e outros metabólitos secundários além do aumento da compactação do mesófilo (Pereira 2018).

A tolerância de diversas espécies forrageiras ao sombreamento pode ser dimensionada com base em dados de produção de matéria seca em condições sombreadas, o que requer levar em consideração a densidade do plantio, o espaçamento das árvores, as características do solo e do clima e o manejo da vegetação (Souza et al., 2020).

Portanto, é possível afirmar que a escolha das espécies forrageiras tem participação fundamental no sucesso do ILPF, sendo necessário que as espécies forrageiras se adaptem bem ao manejo e às condições edafoclimáticas da região onde serão implantadas. Como exemplo de espécies de forrageiras que apresentam tolerância ao sombreamento e são muito utilizadas na formação de pastagem, Souza et al. (2020) mencionaram a *U. spp.* e *M. maximus*. Oliveira (2022) menciona como exemplos a *U. brizantha* cv. Marandu, *U. decumbens*, *M. ssp.* cv. Massai, cv. Mombaça, cv. Colônia, cv. Tanzânia.

De acordo com Mochiutti et al. (2019), as forrageiras do gênero *Urochloa* são frequentemente objeto de estudo pelo seu potencial produtivo em climas tropicais, embora seja necessário atender a diversas condições, dentre elas o fornecimento de uma pastagem capaz de apresentar bom valor nutritivo, e que atenda a demanda nutricional dos animais, a fim de se obter um aumento significativo de bovinos em pastagens, e ganhos por unidade de área.

Portanto, se reconhece a importância da busca de conhecimentos mais aprofundados sobre a morfogênese e interações da gramínea no ambiente com sombreamento, visando assim possibilitar um manejo mais eficiente das forrageiras e contribuir para a manutenção da mesma no longo prazo (Mochiutti et al., 2019).

Sob a ação da luz, temperatura, água e nutrientes, as variáveis morfogênicas determinam as características estruturais da forragem, e entre elas, o número e

tamanho de folhas e a densidade de perfilhos são as mais importantes, uma vez que o aparecimento e o crescimento de folhas e de perfilhos determinam a restauração da área foliar das gramíneas forrageiras, após o corte ou pastejo, e contribuem para a manutenção da produção e para a perenidade da pastagem (Mochiutti et al., 2019).

A característica do alongamento de folhas e colmos, e o comprimento final das lâminas foliares quando submetidas ao sombreamento sem influência sobre a taxa de aparecimento de folhas e número de folhas vivas por perfilho da *U. decumbens*, evidenciam o potencial desta espécie para o emprego em sistemas silvipastoris (Pereira, 2018).

Pereira (2018) também afirmou que a *U. decumbens* estando sob sombreamento moderado com 35% de sombra, apresentou produção de forragem equivalente ou suplanta aquelas vistas em pleno sol, com aumentos de 65, 125 e 95% para massa de forragem, índice de área foliar e densidade de perfilhos, o que se deve a retirada de algumas árvores no sistema, permitindo assim maior entrada de luz no sistema silvipastoril.

Entretanto, outros pesquisadores identificaram que o aparecimento de novos perfilhos pode ser prejudicado com um sombreamento intenso, principalmente no inverno, o que deixa evidente a importância da luminosidade na densidade populacional de perfilhos (Pereira et al., 2018).

Plantas submetidas ao sombreamento de forma natural ou até mesmo artificial, investem principalmente em maior proporção de fotoassimilados no aumento da área foliar, permitindo assim maximizar a captação da luz que é fornecida, resultando em alterações significativas na morfologia de muitas espécies forrageiras, tendo como característica folhas delgadas de maior área foliar específica e menor densidade de massa (Pereira et al., 2018).

As forrageiras em sombreamento alocam fotoassimilados para formação de folhas com o propósito de aumentar a radiação fotossintética ativa, dessa maneira, como uma estratégia o capim-braquiária (*U. decumbens*) sombreado alonga colmo e folhas, a fim de aumentar a exposição à radiação solar (Abraham, Kyriazopoulos e Parissi, 2014). A forrageira *U. decumbens* é uma espécie que apresenta alta plasticidade fenotípica, pois, responde bem as variações de sombreamento e condições climáticas, dessa maneira, tornando-se uma forrageira com potencial para o uso em sistema silvipastoril (Sousa e Sousa, 2022).

Santos et al. (2018) encontraram menores ($p < 0,05$) teores de PB na planta inteira (8,3%) no pleno sol em relação à IPF com *U. brizantha* cv. Piatã e renques de eucalipto em espaçamento de 22 m (10,7%) e na IPF com 12 m entre renques (11,7%), aumentos de 28,9 e 41,0%. Entretanto ao avaliarem a produção de PB, a pleno sol a forrageira produziu 1.137 kg/ha/ano, 804 kg/ha/ano no IPF de 22 m entre renques e de 582 kg/ha/ano no sistema de 12 m entre renques. Isso demonstra que, mesmo com maiores teores de PB nos sistemas sombreados, a capacidade produtiva do pasto é maior no pleno sol devido à maior produtividade de nutrientes por área.

Araujo et al. (2013) avaliaram a *U. decumbens* em três espaçamentos de eucalipto em IPF (três metros entre renques e dois metros entre plantas, seis metros entre renques e quatro metros entre plantas, e 10 m entre renques e quatro metros entre plantas) e no pleno sol até os 24 meses após implantação. Eles não encontraram grande variação na produtividade de forragem, PB, FDN e matéria mineral (MM) entre os sistemas.

Tosta et al. (2015) relataram que os teores médios de PB não variaram ao avaliarem a *U. brizantha* cv. Marandu sob três densidades de árvores de babaçu e três distanciamentos das árvores. Os dados se comportaram de maneira diferente da maioria dos dados da literatura, entretanto, uma hipótese é que isso tenha ocorrido devido à baixa densidade de árvores nos três sistemas. Com isso, a influência do sombreamento não foi suficiente para alterar a concentração de PB dentro dos sistemas. Porém, os teores de PB foram maiores ($p < 0,05$) nas áreas mais próxima ao centro das faixas de renques e distantes das árvores (5,8%) em comparação com a pastagem próxima das árvores (4,2%).

No estudo realizado por Santos et al. (2018), foram encontrados teores similares ($p > 0,05$) de FDN, FDA, celulose, hemiceluloses e lignina na *U. brizantha* cv. Piatã em sistema silvipastoril com 12 e 22 metros entre os e renques e o pleno sol. Geremia et al. (2018) também não encontraram diferença nos teores de FDN e de FDA na *U. brizantha* cv. Piatã em pleno sol e em IPF com média e alta densidade de árvores.

Lopes et al. (2017) em um estudo com *U. decumbens* e espécies arbóreas *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*, com 70% de sombreamento, verificaram menores teores de FDN e FDA (64,1 e 31,8%) em comparação ao pleno sol (66,6 e 33,0%) e teores semelhantes de lignina entre os tratamentos, com valores médios de

6,1%. Os autores relataram que as reduções nos teores de fibras podem estar relacionadas com a menor disponibilidade de fotoassimilados para o desenvolvimento da parede celular secundária. Lima *et al.* (2018) encontraram resultados semelhantes, com menor teor de FDN na *U. decumbens* em IPF (65,8%) quando comparado ao pleno sol (67,7%).

Santos *et al.* (2018) observaram maior ($p < 0,05$) digestibilidade *in vitro* na matéria seca (DIVMS) na *U. brizantha* cv. Piatã a pleno sol, quando comparada a DIVMS no sistema de IPF, com espaçamento de 12 m entre renques, 65,8 e 62,3%, respectivamente. Quando avaliada a DIVMS nas estações do ano, a estação chuvosa apresentou maior DIVMS (68,6%), em relação à estação seca (59,8%). Os autores concluíram que a maior digestibilidade da forrageira no pleno sol, pode ter relação com a maior relação folha/colmo e à fibra de melhor qualidade. No caso da maior digestibilidade no verão, ela pode ser explicada pelo maior teor de PB e pela menor lignificação dos tecidos nessa época.

O aumento da área foliar é uma das principais adaptações morfológicas das plantas visando compensar uma redução na radiação incidente, a fim de alcançar acúmulo suficiente de reservas e manutenção da população de plantas na área, uma vez que abaixo dos níveis de radiação incidente, a planta está sujeita a alterações negativas no acúmulo de carboidratos pela redução da capacidade fotossintética, limitando assim a expansão foliar (Pereira, 2018).

De acordo com Oliveira (2022) é de grande importância avaliar estas alterações, pois isto ajuda a determinar a potencialidade da forrageira para cultivo em sistemas integrados, como é o caso do agrossilvipastoril. Além disso, acrescenta que por outro lado, o sombreamento não gera apenas efeitos deletérios para o crescimento e qualidade da espécie forrageira, pois pode auxiliar na digestibilidade do material produzido proporcionando melhor dieta aos animais, devido a esta influência sobre a trajetória de crescimento da forrageira.

2.5 Referências Bibliográficas

ABRAHAM, E. M.; KYRIAZOPOULOS, A. P.; PARISSI, Z. M. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. *Agroforestry systems*, v.88, p. 287-299, 2014. doi: 10.1007/s10457-014-9682-9.

ALVES, A. R. A caatinga e a oportunidade de mitigação das emissões de gases de efeito estufa pela atividade pastoril. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 11, n. 2, p. 639-661, 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n2p639-661>.

ARAUJO, R. P.; ALMEIDA, J. C. C.; ARAÚJO, S. A. C.; RIBEIRO, E. T.; PÁDUA, F. T.; CARVALHO, C. A. B.; BONAPARTE, T. P.; DEMINICIS, B. B.; LISTA, F. N. Produção e composição química de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril sob diferentes espaçamentos com *Eucalyptus urophylla* ST Blake. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.3, n.1, p.90-98, 2013. doi: <https://doi.org/10.21206/rbas.v3i1.193>.

BARROS, J. S.; CASTRO, L. C. S.; SILVA, F. D. L.; ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G. D.; SANTOS, D. M. D.; LOURES, D. R. S. Productive and nutritional characteristics of Piatã-grass in integrated systems. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 19, n. 2, p. 144-156, 2018. doi: 10.1590/S1519-99402018000200001.

BOSI, C.; PEZZOPANE, J. R. M.; SENTELHAS, P. C.; SANTOS, P. M.; NICODEMO, M. L. F. Produtividade e características biométricas do capim-braquiária em sistema silvipastoril. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 6, p. 449-456, 2014. doi: 10.1590/S0100-204X2014000600006.

CARVALHO, T. B.; ZEN, S. A cadeia de pecuária de corte no Brasil: evolução e tendências. *Revista iPecege*, v. 3, n. 1, p. 85-99, 2017. doi: 10.22167/r.ipecege.2017.1.85.

CARVALHO, P. C. F. 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. doi: 10.1093/jas/sky085.

CEPEA. *Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada*. PIB do agronegócio brasileiro, 2022.

COELHO, T.; FERREIRA, J. L.; CALIL, F. Produtividade da forrageira *Urochloa brizantha* e estoque de carbono em um sistema silvopastoril. *The Research, Society and Development journal*, v. 14, n. 26, 2017. doi: 10.18677/EnciBio_2017B53.

DE CARVALHO, P. Forage and animal production on palisadegrass pastures growing in monoculture or as a component of integrated crop–livestock–forestry systems. *Grass and Forage Science*, v. 74, n. 4, p. 650-660, 2019. doi: 10.1111/gfs.12448.

DELMONDES, T. C.; OLIVEIRA, C. C.; FERNANDES, L. M.; ALMEIDA, R. G. de. Produção de biomassa vegetal de cultivares de *Brachiaria* estabelecidos em sistema de ILPF. 18ª *Jornada científica EMBRAPA Gado de Corte*, p58-59, 2022. doi: doc/1150591.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de métodos de análises de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p. ISBN 85-85864-03-6.

FERNANDES, L. M.; OLIVEIRA, C. C.; DELMONDES, T. C.; ALMEIDA, R. G. Avaliação de biomassa vegetal de cultivares de *Panicum* estabelecidos em sistema de ILPF. *Jornada científica EMBRAPA Gado de Corte*, p. 18, 2022. doi: doc/1150590/1.

FREITAS, Â. M. S.; SANTOS, J. L. S. Importância dos sistemas de integração lavoura pecuária floresta. *Revista Eletrônica Interdisciplinar*, v. 14, n. 1, 2022. ISSN 1984-431X.

GEREMIA, E. V.; CRESTANI, S.; MASCHERONI, J. D. C.; CARNEVALLI, R. A.; MOURÃO, G. B.; DA SILVA, S. C. Sward structure and herbage intake of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã in a crop-livestock-forestry integration area. *Livestock Science*, v. 212, p. 83-92, 2018. doi: 10.1016/j.livsci.2018.03.020.

GÓMEZ, S.; GUENNI, O.; GUENNI, B. L. Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass *Brachiaria decumbens* Stapf. *Grass and Forage Science*, v. 68, n. 3, p. 395-407, 2012. doi: 0.1111/gfs.12002.

GONÇALVES, L. C.; RAMIREZ, M. A.; OLIVEIRA, A. F. Tópicos de setor agrário e de extensão rural. FEPMVZ, 1o ed., p. 127, 2020. ISBN 978-85-87144-63-8.

LIMA, M. A.; PACIULLO, D. S.; MORENZ, M. J.; GOMIDE, C. A.; RODRIGUES, R. A.; CHIZZOTTI, F. H. Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long-term silvopastoral system. *Grass and Forage Science*, v.74, n.1, p.160-170, 2018. doi: 10.1111/gfs.12395.

LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C.; ARAÚJO, S. A. C.; GOMIDE, C. D. M.; MORENZ, M. J. F.; VILLELA, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 69, n. 1, p. 225-233, 2017. doi: 10.1590/1678-4162-9201.

MALAFIA, G. C. A sustentabilidade na cadeia produtiva da pecuária de corte brasileira. Embrapa Gado de Corte - Capítulo em livro científico (ALICE), 2019. doi: doc/1112915.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L. Pastagens no Cerrado: baixa produtividade pelo uso de fertilizantes. Planaltina: Embrapa Cerrados, 32p, 2002. ISSN: 1517-5111.

MENEZ, J. R. Análise da pecuária de corte no sudeste do Brasil: comparativo dos dois últimos censos (2006-2017). *Revista Científica da Ajes*, v. 9, n. 19, 2020. ISSN 2177-5923.

MOCHIUTTI, S.; CAPORAL, F. J. M.; GUGLIERI, A.; HIGA, A. R.; BEHLING, M. Comportamento de forrageiras nativas em sistemas silvipastoris com acácia-negra no Rio Grande do Sul. 2019. Embrapa Gado de Corte - Capítulo em livro científico (ALICE), 2019.

MOREIRA, E. D. S.; NETO, M. M. G.; LANA, Â. M. Q.; BORGHI, E. Production efficiency and agronomic attributes of corn in an integrated crop-livestock-forestry system. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* p, 419-426, 2018. doi: 10.1590/s0100-204x2018000400003.

OLIVEIRA, A. F.; GONÇALVES, L. C. Produção de ruminantes em sistemas integrados. 1. ed. Belo Horizonte, FEPE, 2021.

OLIVEIRA, T. G. Produção de forrageira e atributos físicos e químicos de solo em áreas de pastagens degradadas de Barra do Garças-MT. *Scientific Electronic Archives*, v. 15, n. 11, 2022. doi: 10.36560/151120221623.

REIS, G. L.; LANA, Â. M. Q.; NETO, J. V. E.; LEMOS FILHO, J. P.; BORGES, I.; LONGO, R. M. Produção e composição bromatológica do capim-marandu sob diferentes percentuais de sombreamento e doses de nitrogênio. *Bioscience Journal*, v. 29, n. 5, p. 1606-1615, 2013. doi: 10.1590/S0100-204X2011001000009.

RODRIGUES, C. O. D.; ARAÚJO, S. A. C.; VIANA, M. C. M.; ROCHA, N. S.; BRAZ, T. G. S.; VILLELA, S. D. J. Light relations and performance of signal grass in silvopastoral system. *Acta Scientiarum, Animal Science*, v. 36, n. 2, p. 129-136, 2014. doi: 10.4025/actascianimsci.v36i2.22398.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; MAURÍCIO, R. M.; FERNANDES, P. B.; MORENZ, M. J. F. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. *Grass and Forage Science*, v.72, p.590–600, 2017. doi: 10.1111/gfs.12264.

PARRON, L. Avaliação de serviços ecossistêmicos em sistemas agrossilvipastoris. *REVIBEC - Revista Iberoamericana de Economía Ecológica, [S. l.]*, v. 30, n. 1, p. 81–100, 2019. ISSN 13902776.

PEREIRA, K. A. Parâmetros anatômicos, morfológicos e fisiológicos de forrageiras cultivadas em sistema agrossilvipastoril: uma revisão. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 11, n. 4, p. 1333-1355, 2018. doi: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n4p1333-1355>.

PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; NICODEMO, M. L. F.; SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G. D.; PARMEJIANI, R. S. 2015. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. *Bragantia*, v. 74, n. 1, p. 110-119, doi: 10.1590/1678-4499.0334.

SANTOS, D. C.; JÚNIOR, R. G.; VILELA, L.; MACIEL, G. A.; FRANÇA, A. F. S. 2018. Implementation of silvopastoral systems in Brazil with *Eucalyptus urograndis* and *Brachiaria brizantha*: Productivity of forage and an exploratory test of the animal response. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 266, p. 174-180, doi: 10.1016/j.agee.2018.07.017.

SILVA, R. P. Efeitos poupa-terra e poupa-trabalho na agricultura brasileira. *Revista de Política Agrícola*, v. 27, n. 3, p. 69-81, 2019. doi: index.php/RPA/article/view/1445/pdf.

SOUSA, A. P. W.; SOUSA, A. W. P. P. Comportamento do componente forrageiro e conforto térmico em sistema silvipastoril. *Scientific Electronic Archives, [S. l.]*, v. 15, n. 11, 2022. doi: 10.36560/151120221619.

SOUZA, G., GOMES, E. G. S., ALVES, E. R. A., GASQUES, J. G. Technological progress in the Brazilian agriculture. *Socio-Economic Planning Sciences*. Volume 72. 2020. 100879. ISSN 0038-0121. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100879>.

TOSTA, X. M.; RODRIGUES, R. C.; SANCHÊS, S. S.; ARAÚJO, J. S.; JÚNIOR, A. D. S. L.; COSTA, C. S.; SANTOS, N. S.; JESUS, A. P. R.; SILVA, I. R.; COSTA, F. O.; SHIGAKI, F.; MENDES, S. S. Nutritive value and in situ rumen degradability of Marandu palisade grass at different locations within the pasture in a silvopastoral system with different babassu palm densities. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, v.3, n.3, p. 187-193, 2015. doi: 10.17138/TGFT(3)187-193.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci*. v.74, 1991. p.3583–3597. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.

VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca, NY-US: Cornell University Press, 1994. 476p. ISBN-10: 080142772X.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Efeito poupa-terra e ganhos de produção no setor agropecuário brasileiro. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. - Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2018. ISSN 1415-4765.

3. Produtividade e Valor nutritivo de *Urochloa brizantha* cv. Piatã, *Megathyrsus maximus* cv. Zuri e *Megathyrsus maximus* cv. Tamani em Sistemas Silvopastoris na Região Central de Minas Gerais

3.1 Introdução

Nos últimos anos a pecuária tem participado com mais de 40% do produto interno agrícola global, ocupando de 30 a 45% da superfície global. Com isso, a utilização dos recursos alimentares disponíveis de forma assertiva, é um dos meios de melhorar a eficiência dos recursos naturais e financeiros aplicados na produção animal (Penha et al., 2020).

Buscando alternativas para agregar ganhos à atividade pecuária a utilização da associação de árvores com pastagens surge como uma opção, constituindo os SSP. Com a integração, pode-se promover a recuperação de pastagens degradadas e proporcionar maior estabilidade na produção de alimentos com intensificação no uso da terra, aumentando a rentabilidade na atividade, com incremento de renda, aliado à sustentabilidade das atividades agropecuárias, reduzindo assim a necessidade de incorporação de novas áreas para as atividades agrícolas (Barbosa et al., 2015). Entretanto, a manutenção da produtividade do pasto e da espécie arbórea constitui o grande desafio para a sustentabilidade do sistema nas regiões tropicais (Dias-filho, 2015).

A redução de luz que as copas das árvores promovem, pode influenciar o crescimento e o desenvolvimento das espécies forrageiras. Essa influência pode causar a elevação de colmos, modificação da área foliar e comprimento de folhas. Isso permite que as plantas alcancem uma maior altura necessária para realizar as atividades fotossintéticas. No entanto, por causa do processo de estiolamento, as plantas apresentam menor produção de perfilhos, quando comparado ao ambiente sem restrição luminosa (Belesky et al., 2011).

As árvores e o pasto promovem uma competição pelos mesmos recursos, o que constitui um dos principais desafios nos sistemas silvipastoris relacionados ao desempenho produtivo de pastagens (Costa et al., 2016; Guerra et al., 2016).

Porém, a promoção e introdução de árvores nos sistemas resulta na melhoria da qualidade do solo, reduz a erosão e mitiga os impactos negativos no ambiente

(Iwata et al., 2012; Anghinoni, Carvalho e Costa, 2013; Pezarico et al., 2013; Carvalho et al., 2014).

Com o objetivo de se ter um bom desempenho destes sistemas, é necessária a escolha correta dos componentes, com a definição da distribuição espacial desses na área e práticas de manejo que permitam a produtividade mais eficiente. A seleção da forrageira adequada deve se pautar na sua tolerância ao sombreamento, tendo em vista que nessa condição, as forrageiras tendem a priorizar o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular, consequentemente, há um menor acúmulo de carboidratos de reserva, podendo retardar o início do florescimento e diminuir a produção de biomassa aérea (Almeida et al., 2012).

A cultivar escolhida deve apresentar um rápido restabelecimento dos padrões de crescimento, fundamental nas condições deste sistema (Neves Neto et al., 2015; Quintino et al., 2016)

Assim, o presente estudo tem por objetivo comparar sistemas de produção integrados ILPF e pastagem em monocultivo por meio da avaliação do rendimento dos componentes dos sistemas integrados, envolvendo produtividades e qualidade da pastagem. Mais especificamente será avaliada a produção e a qualidade da forragem em sistemas integrados ILPF constituídos de eucalipto consorciados com *U. brizantha* cv. Piatã, *M. maximus* cv. Zuri e *M. maximus* cv. Tamani, juntamente a pastagens em monocultivo de *U. brizantha* cv. Piatã, *M. maximus* cv. Zuri e *M. maximus* cv. Tamani.

Também é objetivo do presente estudo, avaliar o índice de interceptação luminosa nos diferentes sistemas ILPF e como a radiação solar se comporta produtividade da forragem, e descrever as principais interações nas variáveis analisadas.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Caracterização da área experimental e edafoclimática

O experimento foi desenvolvido, no período de novembro de 2021 a maio de 2022, em uma área integrante da Unidade Demonstrativa do Sistema Integração Lavoura-Pecuária (UD-ILP) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Milho e Sorgo localizada no município de Sete Lagoas-MG (19° 29' 05,1" Latitude Sul, Longitude 44° 10' 40,0" W) cuja altitude é de 744 m. O local do

experimento corresponde a uma área total de quatro hectares, com o sistema de ILPF já implantado em 2009, tendo como característica o Latossolo Vermelho Distrófico muito argiloso, de relevo suave ondulado e cerrado subcaducifólio, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2013).

Durante o ciclo de crescimento, desde a data do primeiro corte até o 156º dia de avaliação, os sistemas agroflorestais e o pleno sol receberam uma precipitação de 1.480 mm e a temperatura média do período foi de 23°C aproximadamente. O período que antecedeu o corte foi composto por uma sequência de baixas temperaturas e pouca pluviosidade (Figura 1).

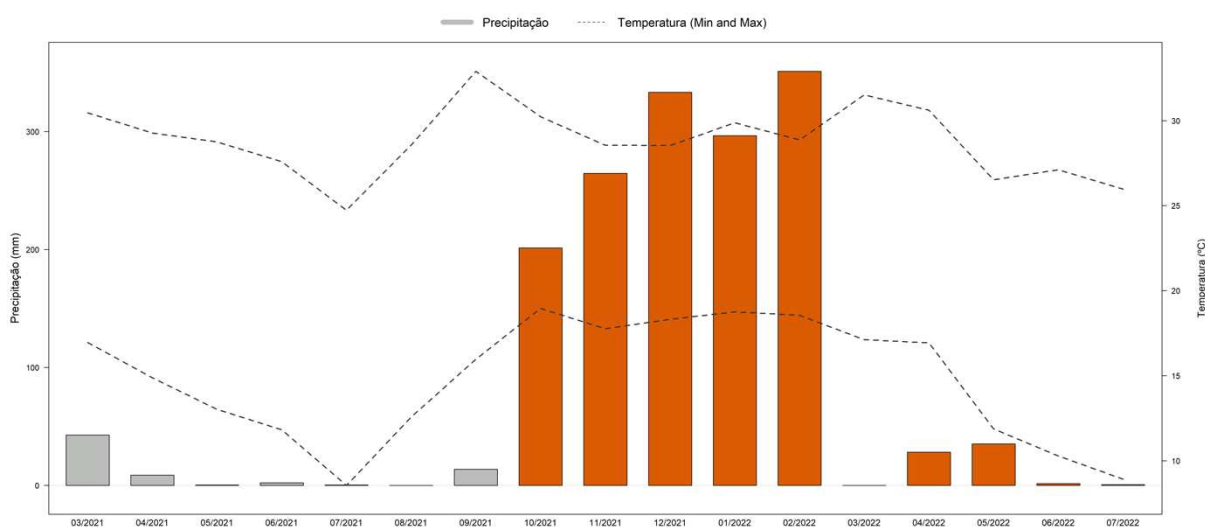


Figura 1. Precipitação acumulada e temperaturas máximas e mínimas de março de 2021 a julho de 2022.

Em laranja estão as precipitações que ocorreram durante o período avaliado. Fonte: INMET (2023).

O campo experimental se encontra em bioma de Cerrado, que possui uma área nuclear e contínua de extensão de aproximadamente 2 milhões de quilômetros quadrados, sendo reconhecido como o segundo maior bioma brasileiro, atrás apenas da Amazônia. Estando localizada entre os paralelos 2° e 24° de Latitude Sul e os meridianos 41° e 60° de longitude oeste, o que faz com que o bioma exiba dimensões continentais que abrigam grande diversidade climática de características equatoriais, tropicais e subtropicais (Nascimento et al, 2020).

É possível identificar como a característica mais marcante do Cerrado a presença de duas estações bem definidas, uma que é seca no inverno e outra que é úmida no verão. Sendo que a distribuição concentrada das chuvas em toda a região apresenta influência direta sobre a vegetação (Nascimento et al., 2020).

3.2.2 Delineamento, tratamentos experimentais e tratos culturais

A área do experimento já possuía o sistema ILPF bem estabelecido (Figura 2). O delineamento experimental adotado foi inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 4x3, com seis repetições, sendo formado por módulos de quatro renques de linha simples de eucalipto (*Eucaliptus urophylla* clone GG 100) que se encontram implantados no espaçamento 15 x 2 m, por 80 metros de comprimento para cada renque, correspondendo a 333 árv./ha. Estes renques de eucalipto foram introduzidos em cada módulo entre os anos de 2009 e 2011.

Nos primeiros três anos de introdução das mudas de eucalipto passaram a ser introduzidas as culturas anuais de milho consorciado com *U. brizantha* cv. Piatã entre os renques, sendo que após a colheita do milho no terceiro ano, a forrageira permaneceu consorciada com o eucalipto, visando avaliar a produtividade da matéria seca.

No ano de 2014 foi promovido o desbaste de metade da área que contava com o plantio da *E. urophylla* introduzida em 2009, e nesta mesma ocasião a população de árvores foi reduzida em 50% do estande inicial na área desbastada. Ato contínuo, o módulo inicial foi dividido em duas subáreas com densidades respectivas, de 333 e 166 árv./ha. E no ano seguinte de 2015, o mesmo procedimento foi realizado na área implantada no ano de 2011.

Em 2019, a área plantada de eucalipto em 2009 teve sua população arbórea reduzida em 50%, resultando em uma densidade de 84 árv./ha. Após a realização deste manejo o capim *U. brizantha* cv. Piatã introduzido na área foi dessecado, e substituído pelo plantio de soja, e no ano seguinte no final de 2020 a área recebeu o plantio de milho consorciado com três cultivares de capim entre os renques: *U. brizantha* cv. Piatã, o *M. maximus* cv. Tamani e o *M. maximus* cv. Zuri. Partindo destas considerações, ficou estabelecido que os sistemas avaliados foram formados por doze tratamentos distintos, sendo eles:

- i. Pastagem de *M. maximus* cv. Tamani em monocultivo com um ano de implantação (PS402);
- ii. Pastagem de *U. brizantha* cv. Piatã em monocultivo com um ano de implantação (PS403);

- iii. Pastagem de *M. maximus* cv. Zuri em monocultivo com um ano de implantação (PS404);
- iv. Eucalipto com oito anos de implantação consorciado com *M. maximus* cv. Tamani com um ano de implantação, com 166 árvores/ha e disposição de 15×4 m (ILPF302);
- v. Eucalipto com oito anos de implantação consorciado com *U. brizantha* cv. Piatã com um ano de implantação, com 166 árvores/ha e disposição de 15×4 m (ILPF303);
- vi. Eucalipto com oito anos de implantação consorciado com *M. maximus* cv. Zuri com um ano de implantação, com 166 árvores/ha e disposição de 15×4 m (ILPF304);
- vii. Eucalipto com dez anos de implantação consorciado com *M. maximus* cv. Tamani com um ano de implantação, com 333 árvores/ha e disposição de 15×2 m (ILPF202);
- viii. Eucalipto com dez anos de implantação consorciado com *U. brizantha* cv. Piatã com um ano de implantação, com 333 árvores/ha e disposição de 15×2 m (ILPF203);
- ix. Eucalipto com dez anos de implantação consorciado com *M. maximus* cv. Zuri com um ano de implantação, com 333 árvores/ha e disposição de 15×2 m (ILPF204);
- x. Eucalipto com doze anos de implantação consorciado com *M. maximus* cv. Tamani com um ano de implantação, com 84 árvores/ha e disposição de 15×8 m (ILPF102);
- xi. Eucalipto com doze anos de implantação consorciado com *U. brizantha* cv. Piatã com um ano de implantação, com 84 árvores/ha e disposição de 15×8 m (ILPF103);
- xii. Eucalipto com doze anos de implantação consorciado com *M. maximus* cv. Zuri com um ano de implantação, com 84 árvores/ha e disposição de 15×8 m (ILPF104).



Figura 2. Área experimental com os doze ambientes avaliados: sistemas silvipastoris com 84 árv/ha (ILPF102, 103 e 104), com 333 árv/ha (ILPF 202, 203 e 204), com 166 árv/ha (ILPF 302, 303 e 304 e pastagens a pleno sol (PS402, 403 e 404). Fonte: Google Maps®.

Os tratos culturais das áreas seguiram as recomendações agronômicas das culturas envolvidas. A adubação de plantio dos ILPF transcorreu com a formulação 06-30- 06 (N-P-K) na dose de 300 kg/ha e adubação de cobertura de 80 kg/ha de nitrogênio na forma de sulfato de amônio. O plantio das mudas de eucalipto transcorreu em dezembro de 2009 em covas de 40 cm de diâmetro que foram previamente adubadas com 100g de superfosfato simples. Passados 15 dias do plantio das árvores uma nova adubação foi realizada com 18g/cova de boro e 100g/cova com a aplicação da fórmula 4-30-10 (NPK). Aos 18 meses, após o plantio, foi realizado a desrama dos eucaliptos.

Para fins de caracterização dos atributos químicos da área, em 2016 foram coletadas amostras de solos nas áreas com densidades de árvores de 84, 166 e 333 árvores/ha e no tratamento a pleno sol (tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização química solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm, Sete Lagoas, MG, 2016

Amb.**	Teores de nutrientes*											
	pH ¹	M.O ²	H+A ³	Al ⁴	Mg ^{+2 5}	Ca ^{+2 6}	SB ⁷	CTC ⁸	K ⁹	P ¹⁰	V ¹¹	M ¹²
		dag ⁻¹			-----cmolc ⁻¹ cm-----				-----g ⁻¹ dm-----		-----%-----	
		¹ Kg										
ILPF 84 árvores/ha	5,53	5,3	8,4	0,78	0,42	2,24	2,78	11,1	48,5	9,11	23,65	29,24
ILPF 166 árvores/ha	5,29	4,53	9,07	0,97	0,29	1,42	1,78	10,8	25,2	7,34	15,3	42,5
ILPF 333 árvores/ha	5,44	4,01	7,5	0,37	0,49	3,37	4,02	11,5	63,5	12,27	33,78	11,21
PS 0 árvores/ha	5,53	4,14	7,92	0,89	0,55	2,89	3,55	11,4	42,7	5,49	29,48	25,76

*Análises realizadas conforme Embrapa (1999). ¹ pH - potencial hidrogeniônico em H₂O; ² MO - Matéria orgânica do solo pelo Método Walkley e Black; ³ H+A - acidez ativa, Extrator Ca (OAc)₂ 0,5 mol pH 7,0; ⁴ Al - alumínio, Extrator KCl 1 mol L⁻¹; ⁵ Mg - magnésio; ⁶ Ca - cálcio; ⁷ SB - soma de bases; ⁸ CTC - capacidade de troca catiônica; ⁹ K - potássio; ¹⁰ P - fósforo, Extrator Mehlich-1; ¹¹ V - saturação de bases; ¹² m - saturação de alumínio; **Sistemas: silvipastoris (SSP): com 333 árv. ha⁻¹; com 166 árv. ha⁻¹, com 88 árv. ha⁻¹ e pastagens à pleno sol (PS).

As quantidades de macro e micronutrientes necessários de acordo com as recomendações para adubação de manutenção de pastagem foram devidamente calculadas e a aplicação dos fertilizantes e corretivos foi promovida de forma mecânica, a lanço, no período chuvoso.

Além das adubações de cobertura, foram promovidos os tratos culturais de aplicação de herbicidas e formicidas, capinas mecânicas quando necessário e adubações de acordo com as recomendações para manutenção do ILPF. Esses procedimentos foram realizados ao longo de todo o período experimental. Cabe esclarecer que foram adotadas como testemunha áreas de pastagem em monocultivo de *M. maximus* cv. Tamani, *U. brizantha* cv. Piatã e *M. maximus* cv. Zuri com um ano de estabelecimento (PS402, PS403 e PS404), sendo que as subáreas são adjacentes e apresenta área total de aproximadamente um hectare.

3.2.3 Produção da forrageira

Em 27 de setembro de 2021 foi realizado o corte de uniformização das áreas de pastagens utilizando roçadeira tratorizada. Esta operação foi repetida em 10 de março de 2022, devido à entrada indesejada de bovinos na área experimental. As coletas de amostras da forrageira ocorreram entre os dias 23 de novembro de 2021 e 06 de maio de 2022. Foram realizados quatro cortes para a avaliação das pastagens

conforme constam os intervalos de corte e períodos acumulados na Tabela 2, o intervalo de dias entre os cortes não foram fixados, sendo realizado quando a altura e o acúmulo de forragem se apresentava visualmente interessante para todas as cultivares (necessidade de ir avaliando, pois as cultivares analisadas apresentam padrão de crescimento e porte diferentes, fixar o período poderia privilegiar uma cultivar).

Tabela 2 – Período experimental do ciclo de pastejo de 2021/2022, nas coletas da forrageira *M. maximus* cv. Tamani, *U. brizantha* cv. Piatã e *M. maximus* cv. Zuri em Sete Lagoas, MG

Cortes	Datas	Intervalos de Cortes (dias)	Tempo experimental D0 (dias)
Uniformização*	27/09/2021	-	-
1°	23 e 24/11/2021	57	57
2°	20/12/2021	26	83
3°	30/01 e 01/02/2022	41	124
Uniformização**	10/03/2022	37	161
4°	04 e 06/05/2022	45	206

* Primeiro corte realizado para padronização da forrageira em todas as áreas no início do período experimental; ** Segundo corte realizado para padronização da forrageira em todas as áreas após a entrada indesejada de animais na área.

Os tratamentos: ILPF102, ILPF103, ILPF104, ILPF202, ILPF203, ILPF204, ILPF302, ILPF303, ILPF304, PS402, PS403 e PS404 foram avaliados de novembro a dezembro de 2021, final de janeiro/início de fevereiro de 2022 e maio do mesmo ano. Para determinação da área de corte foi utilizado uma régua de metal de 2 m em linha (plantio em linha com espaçamento de 0,5 m; representando assim 1 m²) colocada em três distâncias diferentes das duas linhas de plantio de eucalipto de cada tratamento (0,5; 3,0 e 7,0 m), caracterizando as seis repetições. No pleno sol, as linhas foram escolhidas aleatoriamente nas pastagens de monocultura.

O corte foi realizado com 0,2 m de distância do solo e toda a forragem recolhida foi acondicionada em sacos plásticos identificados. Após a pesagem de toda forragem, uma amostra de 500 gramas foi retirada e separada em duas subamostras com 250 gramas, uma para avaliação de peso verde, e outra separada em lâmina foliar e colmo para determinar a composição morfológica por separação manual. As amostras foram secas em estufa de ar forçado a 55°C até atingirem peso constante, para determinar a quantidade de matéria seca (kg/ha de matéria seca).

Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel kraft devidamente identificados para a avaliação bromatológica (Silva, 2002).

Foi medida a altura da copa das espécies forrageiras com uso de uma régua graduada em centímetros em 2 pontos aleatórios da parcela, na qual coletou-se a amostra da forrageira. A média desses pontos corresponde à altura das plantas da unidade experimental.

Para estimar a taxa de acúmulo de forragem, em kg/ha/dia de matéria seca (MS), dividiu-se o valor do acúmulo total de forragem pelo intervalo de coleta (dias) de cada ciclo. O acúmulo total de forragem durante o período de teste foi obtido a partir da soma do acúmulo parcial de cada ciclo de coleta. Essas análises foram realizadas no Laboratório da Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas-MG.

3.2.4 Determinação do valor nutritivo das forrageiras

As amostras foram coletadas em frequência e conjunto com as amostras de produtividade, elas foram realizadas em três distâncias diferentes das duas linhas de plantio de eucalipto de cada tratamento (0,5; 3,0 e 7,0 m), caracterizando as seis repetições, nos tratamentos a pleno sol as linhas foram escolhidas aleatoriamente. As amostras continham aproximadamente 500 gramas e foram separadas em duas subamostras com 250 gramas, uma para avaliação de peso verde, e outra separada em lâmina foliar e colmo por separação manual. Elas foram secas em estufa de ar forçado a 55°C até atingirem peso constante e moídas em moinho da modalidade “Willey” que conta com peneira de 1 mm, posteriormente foram acondicionadas em frascos identificados, para a determinação da composição bromatológica. As amostras foram analisadas quanto ao teor proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina, matéria mineral (MM), e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) usando-se a técnica do infravermelho próximo (NIRS - Near Infra Red Spectroscopy), no Laboratório da Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas-MG.

3.2.5 Radiação Fotossinteticamente Ativa incidente (RFAi)

As coletas dos dados de radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) no dossel da forrageiras foram realizadas em conjunto com coletas de produtividade das pastagens (novembro e dezembro de 2021, final de janeiro/início de fevereiro e maio de 2022), nos mesmos pontos onde foram realizadas as amostragens de forragem. As leituras foram feitas em dia com baixa nebulosidade, sendo avaliadas sempre no período da manhã, no intervalo próximo das 8 horas da manhã, com seis repetições em cada tratamento, nos dias 23 e 24 de novembro de 2021, no dia 20 de dezembro de 2021, nos dias 30 de janeiro e 01 de fevereiro de 2022 e por último nos dias 04 e 06 de maio de 2022. A RFAi ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foi avaliada utilizando-se o Ceptômetro de barra modelo ACCUPAR – MEDIDOR DE IAF – LP80, posicionado na altura do dossel antes de cada coleta.

Após as avaliações, o aparelho foi acoplado a um computador e os dados de radiação fotossinteticamente ativa incidente foram transferidos diretamente para o programa Excel®.

3.2.6 Análises estatísticas

Os dados de produção e qualidade da forragem foram analisados por corte (1, 2, 3 e 4) para folha ou planta inteira, segundo o delineamento inteiramente ao acaso com arranjo fatorial 3x4 (cultivar x densidade). Todos os dados foram avaliados em relação aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade pelo teste de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente ($p>0,05$) (Bartlett, 1937; Shapiro e Wilk, 1965). Quando necessário, transformações da variável resposta e modelagem da matriz de variância e covariância foram utilizados (Pinheiro e Bates, 2000). O efeito dos fatores e a interação foram avaliados pela análise de variância ($p<0,05$) e as médias de tratamentos foram comparadas segundo o teste de Tukey ($p<0,05$). Para análise dos dados da qualidade da forragem da folha no corte 1, devido a perda da parcela referente a cultivar Tamani na densidade 333 e no corte 3 para a cultivar Piatã e todas as cultivares na densidade de 84 árv./ha, utilizou-se contrastes ortogonais para definir as comparações de interesse.

As análises dos dados foram realizadas no software de análises estatística R (R CORE TEAM, 2022).

3.3 Resultados

3.3.1 Radiação Solar Incidente

Nas Tabelas 3 e 4 observa-se as médias e os desvios padrão de radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) nas cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas no primeiro e quarto corte. Verifica-se que não houve diferença significativa para a interação cultivar x densidade ($p>0,05$), enquanto o efeito de densidade de árvores mostrou-se significativo ($p<0,05$) nos dois cortes. Nota-se que a RFAi diminui com aumento da população de árvores, sendo que não há diferença entre as densidades de 166 e 333 árvores por hectare, exceto no quarto corte onde a densidade de 333 árv./ha tem um valor significativo maior que 166 árv./ha, isso se justifica pelas oscilações na captação da radiação solar, já que o clima interfere diretamente na sua captação. Há momentos que, o céu se apresenta límpido, mas o deslocamento de nuvens durante a coleta, causa essas oscilações. A tabela 5 apresenta as médias e desvios padrão de radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) nas cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas no segundo e no terceiro corte, respectivamente. Verifica-se que houve diferença significativa para cultivar, densidade arbórea e interação cultivar x densidade ($p<0,05$). Observa-se que ocorreu diferença significativa ($p>0,05$) entre o tratamento pleno sol (PS) e as densidades arbóreas de 84, 166 e 333 árv./ha (com exceção da cultivar Zuri a PS no segundo corte, que pelas análises dos valores, sofreu uma oscilação na quantidade devido ao clima), também pode se observar que no segundo corte, que os valores da RFAi na densidade de 84 árv./ha foram parecidos com o tratamento PS para a cv. Tamani e Piatã, o que sugere uma possível paridade nas condições de produtividade deste tratamento. Os valores elevados no tratamento de 333 árv./ha nas cv. Tamani e Piatã no segundo corte, podem ser justificados pelas oscilações durante a medição, onde o fator clima e luminosidade influencia diretamente no valor dos resultados. Estes dois resultados devem ser considerados como uma exceção causada pelo clima no momento da medição. De forma geral, observamos que a RFAi diminuiu com o aumento da quantidade de árvores nos tratamentos ($p<0,05$), isso pode ser explicado pela captação exercida pelo componente arbóreo nos sistemas de ILPF, acarretando um decréscimo na produção da forrageira e alterações fisiológicas.

Tabela 3. Médias e desvios padrão de radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) em sistemas com diferentes densidades arbóreas no primeiro e quarto corte, independente da cultivar

Variável ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Corte	Densidade arbórea/hectare				DP ²	P-valor ¹		
		0	84	166	333		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Radiação Solar	1	2090,83 a	1065,26 b	716,50 c	649,30 c	42,02	0,08	<0,01	0,09
	4	2127,85 a	395,00 b	269,98 c	357,40 b	19,87	<0,01	<0,01	0,25

¹ Médias seguidas de letras distintas por corte, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ² Desvio Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores.

Tabela 4. Médias e desvios padrão de radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) para cultivares no primeiro e quarto corte, independente da densidade de árvores

Variável ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Corte	Cultivar			DP ²	P-valor ¹		
		Tamani	Piatã	Zuri		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Radiação Solar	1	1061,90 a	1157,76 a	1171,76 a	36,39	0,08	<0,01	0,09
	4	750,42 b	786,25 ab	826,00 a	17,07	<0,01	<0,01	0,25

¹ Médias seguidas de letras distintas por corte, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ² Desvio Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores.

Tabela 5. Médias e desvios padrão de radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) nas cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas no segundo corte

Variável $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Corte	Cultivar	Densidade arbórea/hectare				DP ²	P-valor ¹		
			0	84	166	333		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Radiação Solar	2	Tamani	618,66 Aa	623,29 Aa	295,83 Bc	334,75 Ab	20,39	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	553,67 Aa	618,67 Aa	364,30 Ab	347,26 Ab				
		Zuri	576,36 Ab	688,68 Aa	323,98 Abc	339,40 Ac				
	3	Tamani	665,40 Aa	181,62 Bc	91,84 Bd	475,97 Ab	10,27	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	503,89 Ba	228,55 Ab	61,31 Cc	237,42 Bb				
		Zuri	498,44 Ca	217,76 Ab	116,56 Ac	78,61 Cd				

¹ Médias seguidas distintas por corte, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ² Desvio Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores.

3.3.2 Produção de massa

Na Tabela 6, encontra-se as médias e os desvios padrão de variáveis de altura, produção de massa seca, taxa de acúmulo diário de forragem e teor de matéria seca de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, que apresentaram efeito significativo na interação cultivar e densidade ($p < 0,05$).

Nota-se que a altura da cv. Zuri, em comparação com as demais, apresenta as maiores médias em todas as densidades arbóreas e em pleno sol ($p < 0,01$), com exceção do segundo corte, onde a cv. Piatã apresentou médias iguais no PS e nas densidades arbóreas de 166 e 333 árv./ha. Sendo um efeito já esperado, pois a cultivar apresenta maior porte geneticamente, quando comparada com as demais.

É possível observar que no primeiro corte, com exceção da cv. Tamani, que as médias de alturas foram maiores no ILPF, quando comparados ao PS. Para as cultivares Tamani e Zuri, no segundo corte, apresentaram médias significativamente iguais no PS e na densidade arbórea de 84 árv./ha. No quarto corte, a cv. Tamani apresentou média maior no PS ($p < 0,05$), com exceção da densidade arbórea de 166 árv./ha, fato esse que pode ser explicado devido a redução das condições ideais do clima para o desenvolvimento das forrageiras tropicais, interferindo no seu comportamento morfofisiológico.

Quando se avalia a produção de massa seca (kg/ha), a cv. Zuri no primeiro corte, no PS e na densidade de 84 árv./ha, obtiveram os melhores resultados (4889,74 e 5378,34, respectivamente), sendo considerados iguais estatisticamente ($p < 0,01$). No segundo corte, um resultado chama atenção, apresentando média de 1.352,52 kg/ha na densidade de 84 árv./ha da cv. Zuri, sendo estaticamente melhor que o PS na mesma cultivar ($p < 0,05$). Também no segundo corte, a cv. Tamani apresentou médias significativamente iguais em todos os tratamentos ($p < 0,05$). No terceiro e quarto corte, na cv. Piatã, com exceção da densidade de 166 árv./ha do terceiro corte, apresentou médias iguais em todos os tratamentos, o que torna os resultados positivamente surpreendentes. No último corte, a cv. Tamani apresentou resultados decrescentes, sendo a maior média no PS e a menor média na densidade arbórea de 333 árv./ha.

No teor de matéria seca, somente o quarto corte apresentou interação significativa entre cultivar e densidade arbórea ($p < 0,05$). Nele pode-se observar que

houve um decréscimo no teor de matéria seca nos tratamentos em ILPF comparados com o PS.

A Tabela 7 apresenta as médias e os desvios padrão de variáveis de relação folha/colmo, produção de massa seca de folhas e produção de massa seca de colmos das cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, que apresentaram efeito significativo na interação entre cultivar e densidade ($p < 0,05$). A relação folha/colmo no primeiro corte apresentou as melhores médias na cv. Tamani na densidade 333 árv./ha. A cv. Piatã não apresenta diferença significativa para as diferentes densidades e a PS ($p < 0,01$). No segundo corte a cv. Tamani apresentou as maiores médias nos tratamentos com ILPF (com exceção da densidade de 166 árv./ha, que pode apresentar médias iguais a PS), a cv. Piatã novamente não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e a cv. Zuri apresentou as menores médias a PS ($p < 0,05$). O terceiro corte revelou informações diferentes, as cv. Tamani e Zuri apresentaram as melhores médias no PS, em contrapartida, a cv. Piatã apresentou a melhor média na densidade arbórea de 333 árv./ha.

A produção de massa seca de folhas, no primeiro corte, apresentou as melhores médias para cv. Tamani no PS, no segundo corte em todos os três tratamentos com ILPF e no quarto corte no PS. A cv. Piatã não apresentou diferença significativa ($p < 0,01$) entre os tratamentos no quarto corte e no segundo corte o tratamento com 166 árv./ha apresentou média inferior aos demais tratamentos. O comportamento da cv. Zuri foi diferente, com maior produção de massa seca de folhas no primeiro corte para o PS e densidade arbórea de 84 árv./ha. No segundo corte a maior média ocorreu na densidade arbórea de 84 árv./ha, no quarto e último corte a densidade de 333 árv./ha produziu médias inferiores aos demais tratamentos, podendo o PS e a densidade de 166 árv./ha apresentar médias inferiores a densidade de 84 árv./ha ($p < 0,01$).

A produção de massa seca de colmo apresentou interação significativa entre cultivar e densidade arbórea em todos os cortes ($p < 0,05$). Observa-se que no primeiro corte a cv. Tamani não apresentou diferença significativa entre as médias dos quatro tratamentos. Esse mesmo comportamento ocorreu no segundo corte nas cultivares Piatã e Zuri. No quarto corte na cv. Tamani, as maiores médias foram encontradas a PS e na cv. Piatã novamente não ocorreu diferença significativa nos quatro tratamentos ($p < 0,01$).

Tabela 6. Médias e desvios padrão de variáveis de produtividade de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes

Variável	Corte	Cultivar	Densidade arbórea/hectare				DP ²	P-valor ¹		
			0	84	166	333		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Altura (cm)	1	Tamani	67,66 Ca	56,00 Ca	61,58 Ca	57,91 Ca	3,38	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	90,91 Bb	105,83 Ba	90,83 Bb	88,50 Bb				
		Zuri	149,16 Aa	153,58 Aa	128,33 Ab	135,00 Ab				
	2	Tamani	38,33 Ba	43,50 Ba	44,83 Ba	44,41 Ba	2,808	<0,01	<0,05	<0,01
		Piatã	61,00 Aa	47,00 Bb	46,16 ABb	60,66 Aa				
		Zuri	65,83 Aab	71,75 Aa	55,08 Ac	60,08 Abc				
	3	Tamani	32,91 Cc	58,66 Ca	48,08 Bb	51,33 Bb	3,63	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	45,08 Bc	91,16 Ba	72,25 Bb	75,16 Bb				
		Zuri	69,33 Ab	124,75 Aa	102,58 Aa	102,83 Aa				
	4	Tamani	45,41 Aa	34,41 Bb	35,50 Bab	31,08 Bb	3,32	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	31,08 Ba	35,25 Ba	42,16 Ba	31,41 Ba				
		Zuri	48,82 Ac	80,58 Aa	66,58 Aab	53,00 Abc				
Produção de Massa Seca (kg/ha)	1	Tamani	3410,98 Ba	2283,30 Bb	3097,89 Aa	1884,37 Bb	431,38	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	2349,92 Ba	2716,77 Ba	1514,33 Bc	2008,37 Bb				
		Zuri	4880,74 Aa	5378,34 Aa	2656,85 ABc	4280,89 Ab				
	2	Tamani	1083,39 ABa	1108,19 Aa	1003,56 Aa	870,72 Aa	142,64	0,96	<0,01	<0,05
		Piatã	1310,06 Aa	1027,54 Aab	714,00 Ab	969,63 Aab				
		Zuri	764,52 Bb	1352,52 Aa	703,30 Ab	1094,48 Aab				
	4	Tamani	2068,36 Aa	1214,87 Bb	719,95 Bbc	587,62 Ac	162,78	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	696,00 Ba	937,55 Ba	719,10 Ba	612,73 Aa				
		Zuri	1056,60 Bb	1943,96 Aa	1242,31 Ab	838,39 Ab				
Taxa de acúmulo diário de forragem (kg/dia)	1	Tamani	77,52 Ba	51,89 Ba	70,40 Aa	42,82 Bb	3,38	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	53,40 Ba	61,74 Ba	34,41 Bb	45,64 Ba				
		Zuri	110,92 Aa	122,23 Aa	60,38 Abb	97,29 Aa				
	4	Tamani	36,93 Aa	21,69 Bb	12,85 Abb	10,49 Ab	3,32	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	12,42 Ba	16,74 Ba	12,84 Ba	10,94 Aa				
		Zuri	18,86 Bb	34,71 Aa	22,18 Ab	14,97 Ab				
Teor de Matéria Seca (%)	4	Tamani	33,69 ABa	22,34 Bc	24,30 Ac	28,06 Ab	0,84	<0,01	<0,01	<0,05
		Piatã	35,42 Aa	27,73 Abc	24,58 Ac	28,06 Ab				
		Zuri	32,53 Ba	22,83 Bb	22,04 Ab	24,57 Bb				

¹ Médias seguidas de letras distintas por corte, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05); ² Desvio

Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores.

Tabela 7. Médias e desvios padrão de variáveis de produtividade de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes

Variável	Corte	Cultivar	Densidade arbórea/hectare				DP ²	P-valor ¹		
			0	84	166	333		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Relação Folha Colmo	1	Tamani	4,67 Aa	4,68 Aa	3,71 Ab	5,08 Aa	0,38	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	1,90 Ba	1,45 Ca	2,08 Ba	1,58 Ba				
		Zuri	3,36 Aab	2,17 Bb	3,83 Aa	2,60 Bab				
	2	Tamani	3,36 ABb	8,78 Aa	5,07 Bab	8,46 Ba	1,61	<0,01	0,14	<0,05
		Piatã	2,71 Ba	2,60 Ba	3,30 Ba	2,55 Ca				
		Zuri	7,06 Ac	9,74 Ab	10,28 Ab	12,78 Aa				
	3	Tamani	10,63 Aa	3,31 Ac	6,81 Ab	4,24 Abc	0,49	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	1,74 Bbc	1,00 Cc	2,27 Cb	3,52 Aa				
		Zuri	8,07 Aa	1,66 Bc	4,00 Bb	1,20 Bc				
Produção de Massa Seca de Folhas (kg/ha)	1	Tamani	2803,66 ABa	1863,83 Bab	2505,93 Aab	1572,68 Bb	312,83	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	1563,29 Ba	1590,59 Ba	987,05 Bb	1193,38 Bb				
		Zuri	3730,04 Aa	4059,49 Aa	2048,50 ABc	2954,00 Ab				
	2	Tamani	353,72 Bb	997,16 ABa	792,72 Aa	803,31 Aa	102,61	0,13	<0,01	<0,01
		Piatã	942,24 Aa	718,01 Bab	533,02 Ab	690,30 Aab				
		Zuri	669,28 ABb	1173,32 Aa	623,73 Ab	997,59 Aab				
	4	Tamani	1645,14 Aa	1100,91 Ab	656,96 Abc	489,44 Ac	127,5	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	583,01 Ba	605,96 Ba	582,65 Aa	560,24 Aa				
		Zuri	900,86 Bab	1377,05 Aa	962,71 Aab	734,10 Ab				
Produção de Massa Seca de Colmo (kg/ha)	1	Tamani	607,32 Ba	419,47 Ba	591,95 Aa	311,68 Ba	143,63	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	607,04 Bab	1126,17 Aa	527,27 Ab	612,50 Ab				
		Zuri	1150,69 Aab	1682,35 Aa	608,35 Ab	932,34 Abab				
	2	Tamani	285,86 ABa	79,06 Bab	162,36 Aa	35,73 Bb	48,58	<0,01	<0,01	<0,05
		Piatã	353,83 Aa	281,54 Aa	168,21 Aa	271,89 Aa				
		Zuri	133,55 Ba	132,95 Aba	61,22 Ba	53,69 Ba				
	3	Tamani	176,93 Bb	827,74 Aa	160,67 Bb	253,98 Bb	90,58	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	1083,50 Aa	1169,46 Aab	518,51 Ac	702,35 Abc				
		Zuri	288,92 Bb	1034,00 Aa	370,73 ABb	472,21 ABb				
	4	Tamani	423,21 Aa	113,96 Bb	169,84 Ab	149,75 Ab	69,35	<0,05	<0,05	<0,01
		Piatã	112,98 Ba	331,58 ABa	236,10 Aa	244,05 Aa				
		Zuri	114,15 Bb	566,90 Aa	279,60 Ab	254,76 Ab				

¹ Médias seguidas de letras distintas por corte, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05); ² Desvio

Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores.

As Tabelas 8 e 9 apresentam as médias e os desvios padrão de variáveis de teor de matéria seca na biomassa, taxa de acúmulo diário de forragem, produção de massa seca, produção de massa seca de folhas e relação folha colmo de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, que não apresentaram efeito significativo na interação cultivar e densidade ($p>0,05$). Na Tabela 8 pode-se observar que no primeiro corte, os teores de matéria seca com maiores médias foram em ILPF, quando analisa-se o segundo corte, não foi encontrado diferença estatística entre os tratamentos, diferentemente do terceiro corte, onde a maior média apresentada ocorreu no PS ($p<0,01$).

Também na Tabela 8, a taxa de acúmulo diário no segundo corte não apresenta diferença significativa entre o PS e o ILPF com 84 árv./ha. Fato esse que se seguiu para a produção de massa seca de folhas no terceiro corte, com as maiores médias nos tratamentos a PS e com 84 árv./ha. A relação folha/colmo na Tabela 8, indica que no quarto corte, o PS obteve a maior média em relação aos ILPF.

A Tabela 9 retrata o teor de matéria seca na biomassa nos três primeiros cortes para as cultivares, onde no primeiro corte todas as cultivares apresentaram as mesmas médias estatisticamente, no segundo corte a cv. Zuri obteve a menor média e no terceiro corte, a cv. Piatã apresentou o maior valor (21,23) estatisticamente ($p<0,01$). A taxa de acúmulo diário de forragem no segundo e terceiro corte, a produção de massa seca e produção de massa seca de folhas (com exceção da cv. Piatã) no terceiro corte, não apresentaram médias significativamente diferentes nas três cultivares. Já a relação folha/colmo, a cv. Tamani apresentou no quarto corte médias superiores (4,84 a), com a cv. Zuri podendo apresentar médias iguais (4,09 ab) ($p<0,05$).

Tabela 8. Médias e desvios padrão de variáveis de produtividade de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, independente da cultivar

Variável	Corte	Densidade arbórea/hectare				DP ²	P-valor ¹		
		0	84	166	333		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Teor de matéria seca na biomassa (%)	1	16,73 b	17,56 ab	18,82 a	17,85 ab	0,37	0,88	<0,01	0,24
	2	17,80 a	17,38 a	17,12 a	17,36 a	0,23	<0,01	0,21	0,11
	3	20,95 a	18,22 b	18,92 b	17,67 b	0,53	<0,01	<0,01	0,56
Taxa de acúmulo diário de forragem (kg/dia)	2	46,08 a	46,51 a	32,27 b	36,97 b	4,05	<0,05	<0,05	0,44
	3	57,10 b	65,91 a	37,47 c	37,32 b	3,95	0,138	<0,01	0,10
Produção de Massa Seca (kg/ha)	3	2455,31 b	3215,04 a	1611,27 c	1604,96 b	161,94	0,07	<0,01	0,34
Produção de Massa Seca de Folhas (kg/ha)	3	1938,86 a	1985,96 a	1261,29 b	1128,78 b	132,58	0,07	<0,01	0,07
Relação Folha Colmo	4	6,32 a	3,54 b	3,45 b	2,82 b	0,48	<0,05	<0,01	0,06

¹ Médias seguidas de letras distintas por corte, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ² Desvio Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores.

Tabela 9. Médias e desvios padrão de variáveis de produtividade de cultivares nos quatro cortes, independente da densidade de árvores

Variável	Corte	Cultivar			DP ²	P-valor ¹		
		Tamani	Piatã	Zuri		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Teor de matéria seca na biomassa (%)	1	17,72 a	17,92 a	17,72 a	0,37	0,88	<0,01	0,24
	2	17,97 a	18,24 a	16,03 b	0,20	<0,01	0,21	0,11
	3	18,26 b	21,23 a	17,33 b	0,46	<0,01	<0,01	0,56
Taxa de acúmulo diário de forragem (kg/dia)	2	40,65 a	38,59 a	42,13 a	2,20	<0,05	<0,05	0,44
	3	44,52 a	51,71 a	52,11 a	3,26	0,14	<0,01	0,10
Produção de Massa Seca (kg/ha)	3	2035,81 a	2388,02 a	2241,10 a	186,49	0,07	<0,01	0,34
Produção de Massa Seca de Folhas (kg/ha)	3	1680,98 a	1355,55 b	1699,63 a	114,82	0,07	<0,01	0,07
Relação Folha Colmo	4	4,84 a	2,87 b	4,09 ab	0,54	<0,05	<0,01	0,06

¹ Médias seguidas de letras distintas por corte, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ² Desvio Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores.

Nas Tabelas 10 e 11 observa-se as médias e desvios padrão de variáveis de produtividade de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas acumulados nos quatro cortes. Verifica-se na Tabela 10 que não houve diferença significativa para a interação cultivar x densidade ($p>0,05$), enquanto o efeito da cultivar e da densidade de árvores mostrou-se significativo ($p<0,01$). A produção de massa total e a taxa de acúmulo diário de forragem apresentou maiores valores no PS e na densidade arbórea de 84 árv./ha, com valores menores nas densidades de 166 e 333 árv./ha. Na Tabela 11, sobre a cultivar Zuri, observa-se os maiores valores de produção de massa seca total e de taxa de acúmulo diário de forragem e não há diferença significativa para as cultivares Tamani e Zuri ($p<0,01$).

Tabela 10. Médias e desvios padrão de variáveis de produtividade acumulados nos quatro cortes, em sistemas com diferentes densidades arbóreas, independente de cultivar

Variável	Densidade arbórea/hectare				DP ²	P-valor ¹		
	0	84	166	333		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Produção de Massa Seca Total (kg/ha)	8428,42 a	9402,28 a	5735,04 b	5933,50 b	455,15	<0,01	<0,01	0,18
Taxa de acúmulo diário de forragem (kg/dia)	50,16 a	55,96 a	34,13 b	35,31 b	2,71	<0,01	<0,01	0,18

¹ Médias seguidas de letras distintas na mesma linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ² Desvio Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores.

Tabela 11. Médias e desvios padrão de variáveis de produtividade acumulados nos quatro cortes das cultivares, independente da densidade de árvores

Variável	Cultivar			DP ²	P-valor ¹		
	Tamani	Piatã	Zuri		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Produção de Massa Seca Total (kg/ha)	6869,13 b	6241,63 b	9013,68 a	380,74	<0,01	<0,01	0,18
Taxa de acúmulo diário de forragem (kg/dia)	40,88 b	37,15 b	53,65 a	2,27	<0,01	<0,01	0,18

¹ Médias seguidas de letras distintas na mesma linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ² Desvio Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores.

3.3.3 Composição bromatológica

Na Tabela 12, encontra-se as médias e os desvios padrão de variáveis de proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA) na planta inteira de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, que apresentaram efeito significativo na interação cultivar e densidade ($p < 0,05$). A PB no primeiro corte obteve as maiores médias na cv. Zuri nas densidade arbórea de 166 e 333 árv./ha, na cv. Piatã no PS e na densidade arbórea de 333 árv./ha e na cv. Tamani em todos os tratamentos (PS e ILPF), não tendo diferença estatisticamente entre eles ($p < 0,01$). No terceiro corte, os resultados da cv. Tamani também apresentaram médias iguais estatisticamente nos quatro tratamentos, na cv. Piatã a menor média encontrada ocorreu na densidade de 84 árv./ha, e na cv. Zuri a menor média ocorreu no PS. No quarto corte, novamente a cv. Tamani apresentou médias estatisticamente iguais em todos os tratamentos, com a cv. Piatã apresentando médias inferior somente na densidade arbórea de 333 árv./ha, sendo PS, 84 e 166 árv./ha apresentando médias estatisticamente iguais. A cv. Zuri apresenta o menor resultado no PS (9,34), com os tratamentos em ILPF apresentando médias estatisticamente iguais ($p < 0,05$).

A FDN no terceiro corte apresentou os melhores resultados para a cv. Tamani no PS e nas densidades de 166 e 333 árv./ha, para a cv. Piatã nas densidades de 84 e 166 árv./ha e na cv. Zuri no PS e na densidade de 166 árv./ha. Quando se analisa a FDN no quarto corte, cv. Tamani apresentou as melhores médias no PS e com 166 e 333 árv./ha, a cv. Piatã obteve as maiores médias nos três tratamentos com ILPF e cv. Zuri não apresentou médias com diferença estatisticamente para os quatro tratamentos ($p < 0,01$).

Ainda na tabela 12, a variável da FDA no primeiro corte, apresentou as maiores médias em todas as cultivares nos três tratamentos com ILPF ($p < 0,05$), com exceção da cv. Zuri, que nas densidades arbóreas de 166 e 333 árv./ha podem apresentar médias estatisticamente iguais ao PS. No terceiro corte, as menores médias foram encontradas na cv. Tamani e Piatã no PS e na cv. Zuri na densidade arbórea de 166 árv./ha. No quarto corte, a maior média encontrada na cv. Tamani ocorre na densidade arbórea de 166 árv./ha, nas cultivares Tamani e Zuri, as maiores médias apresentam-se nos três tratamentos com ILPF.

A Tabela 13, apresenta as médias e os desvios padrão das variáveis de digestibilidade *in vitro* na matéria seca (DIVMS), lignina (LIG) e matéria mineral (MM) de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, que apresentaram efeito significativo na interação cultivar e densidade ($p < 0,05$). A DIVMS, só apresentou interação cultivar e densidade arbórea no terceiro corte, sendo que todas as três cultivares apresentaram as maiores médias no PS ($p < 0,01$). A lignina apresentou no terceiro corte, maiores médias para cv. Tamani nas densidade arbóreas de 84 e 333 árv./ha, a cv. Piatã na densidade de 333 árv./ha e a cv. Zuri na densidade de 84 árv./ha. No quarto corte, para a cv. Tamani as maiores médias encontradas foram nos tratamentos com 84 e 166 árv./ha, não tendo diferença significativa entre eles ($p < 0,05$). Para a cv. Piatã e cv. Zuri, as maiores médias ocorreram na densidade de 84 árv./ha (4,96 e 5,08, respectivamente).

Na Tabela 13, a MM apresentou no primeiro corte, os maiores valores para todas as cultivares no PS ($p < 0,01$) e no quarto corte a cv. Tamani apresentou as maiores médias no PS, a cv. Zuri no PS e na cv. Piatã, somente a densidade arbórea de 84 árv./ha apresentou média inferior aos demais tratamentos.

Tabela 12. Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da planta inteira de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes

Variável	Corte	Cultivar	Densidade arbórea/hectare				DP ²	P-valor ¹		
			0	84	166	333		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Proteína Bruta (%)	1	Tamani	14,13 Aa	14,62 Aa	14,01 Aa	14,14 Aa	0,53	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	13,98 Aa	11,53 Bb	11,27 Bb	13,72 Aa				
		Zuri	11,83 Bb	10,48 Bb	11,97 Bab	13,93 Aa				
	3	Tamani	12,33 Aa	12,29 Aa	12,20 Aa	13,24 Aa	0,45	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	10,64 Aa	7,73 Bb	10,62 Ba	11,23 Ba				
		Zuri	8,27 Bc	11,64 Aab	10,51 Bb	12,79 Aa				
	4	Tamani	12,46 Aa	13,07 Aa	13,32 Aa	12,59 Aa	0,52	<0,01	<0,01	<0,05
		Piatã	11,19 Aa	10,89 Ba	12,29 ABa	8,50 Bb				
		Zuri	9,34 Bb	11,05 Ba	11,04 Ba	10,08 Ba				
Fibra Detergente Neutro (%)	3	Tamani	67,21 Bab	68,44 Ba	67,91 Aab	65,89 Ab	0,48	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	68,09 ABbc	70,43 Aa	68,95 Aab	66,90 Ac				
		Zuri	69,50 Aa	67,25 Bb	68,40 Aab	67,53 Ab				
	4	Tamani	68,33 Aa	65,67 Bb	69,16 Aa	67,85 Ba	0,54	0,06	<0,01	<0,01
		Piatã	67,39 Ab	68,45 Aab	68,64 Aab	69,96 Aa				
		Zuri	68,45 Aa	67,62 Aa	69,32 Aa	68,24 ABa				
Fibra Detergente Ácido (%)	1	Tamani	31,60 Bb	34,83 Ca	35,43 Ba	35,89 Aa	0,75	<0,01	<0,01	<0,05
		Piatã	32,78 Bb	37,78 Ba	37,99 Aa	36,45 Aa				
		Zuri	37,52 Ab	40,44 Aa	38,78 Aab	37,73 Aab				
	3	Tamani	34,09 Cc	40,60 Aa	36,97 Bb	38,62 Ab	0,52	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	36,27 Bb	39,28 Aa	39,28 Aa	40,10 Aa				
		Zuri	38,93 Aab	40,70 Aa	38,48 ABb	39,73 Aab				
	4	Tamani	35,60 Ab	35,61 Bb	38,54 Aa	35,43 Bb	0,61	<0,01	<0,01	<0,05
		Piatã	35,37 Ab	38,42 Aa	37,73 Aab	37,79 Aa				
		Zuri	36,49 Ab	39,83 Aa	39,17 Aa	37,77 Aab				

¹ Médias seguidas de letras distintas por corte, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05); ² Desvio Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores.

Tabela 13. Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da planta inteira de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes

Variável	Corte	Cultivar	Densidade arbórea/hectare				DP ²	P-valor ¹		
			0	84	166	333		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Digestibilidade <i>in vitro</i> na matéria seca (%)	3	Tamani	60,19 Aa	51,39 Ac	55,29 Abc	56,45 Ab	0,89	0,05	<0,01	<0,05
		Piatã	59,79 Ba	52,53 Ab	53,23 Ab	54,78 Ab				
		Zuri	59,26 Ba	53,79 Ab	55,07 Ab	53,94 Ab				
Lignina (%)	3	Tamani	3,52 Ab	5,19 Aa	3,69 Bb	5,01 Aa	0,15	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	2,91 Bc	4,15 Bb	4,17 Ab	4,84 Aa				
		Zuri	3,56 Ac	4,90 Aa	3,92 Ac	4,30 Bb				
	4	Tamani	4,29 Ab	4,82 Aa	4,83 Aa	4,59 Aab	0,13	<0,01	<0,01	<0,05
		Piatã	3,93 Ab	4,96 Aa	4,13 Bb	4,35 Ab				
		Zuri	3,92 Ab	5,08 Aa	4,24 Bb	4,22 Ab				
Matéria Mineral (%)	1	Tamani	12,93 Aa	9,52 Ab	10,05 Ab	9,49 Ab	0,26	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	12,12 ABa	8,67 Abc	9,92 Ab	10,31 Ab				
		Zuri	11,36 Ba	8,26 Bc	10,09 Ab	9,63 Ab				
	4	Tamani	10,17 Aa	8,50 Ac	8,67 ABbc	9,37 Aab	0,23	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	7,67 Ba	6,42 Cb	8,48 Ba	7,62 Ca				
		Zuri	9,52 Aa	7,46 Bc	9,32 Aab	8,57 Bb				

¹ Médias seguidas de letras distintas por corte, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05); ² Desvio Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores.

As Tabelas 14 e 15 apresentam as médias e os desvios padrão de variáveis de PB, FDN, FDA, DIVMS, LIG e MM na planta inteira de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, as quais não apresentaram efeito significativo na interação cultivar e densidade ($p>0,05$). Na Tabela 14, a PB no segundo corte apresentou os maiores valores nos tratamentos com ILPF, que não variaram entre si. A FDN, no primeiro corte apresentou as maiores médias no PS, sendo que a densidade arbórea de 333 árv./ha pode apresentar médias iguais ao PS, e no segundo corte somente o PS apresentou as maiores médias.

A FDA, no segundo corte, apresenta-se com maior média o PS. Para a DIVMS, o primeiro corte apresentou melhor média no PS, com o segundo corte apresentando as melhor média na densidade arbórea de 84 árv./ha, e no quarto corte somente a densidade arbórea de 166 árv./ha apresentou média inferior estatisticamente aos demais tratamentos.

O comportamento da LIG no primeiro e segundo corte ocorreu da seguinte forma, o PS teve o menor resultado no primeiro corte e a densidade de 84 árv./ha no segundo corte, nos demais tratamentos eles não apresentaram diferença estatisticamente.

A MM apresentou no segundo corte maiores médias no PS e 166 árv./ha e no terceiro corte valores superiores no PS e na densidade arbórea de 166 árv./ha.

Na Tabela 15, no segundo corte, a cv. Tamani apresentou a maior média de PB e a menor média de FDA. A FDN no primeiro corte obteve maior média na cv. Zuri e no segundo corte a cv. Piatã apresentou a maior média.

Ainda na Tabela 15, no primeiro corte a cv. Tamani apresentou a maior média de DIVMS, no segundo corte as cultivares Tamani e Zuri apresentaram maiores médias e no quarto corte as cultivares Tamani e Piatã obtiveram as maiores médias.

Para a LIG no primeiro corte, a cv. Piatã apresentou a menor média (3,16) e no segundo corte não houve diferença significativa nas médias entre as cultivares.

A MM no segundo e terceiro corte obtiveram as maiores médias para as cultivares Tamani e Zuri, não tendo diferença significativas estatisticamente entre elas.

Tabela 14. Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da planta inteira em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, independente de cultivar

Variável	Corte	Densidade arbórea/hectare				DP ²	P-valor ¹		
		0	84	166	333		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Proteína Bruta (%)	2	14,71 b	18,05 a	17,48 a	18,26 a	0,32	<0,01	<0,01	0,19
Fibra Detergente Neutro (%)	1	67,87 a	66,31 b	65,80 b	66,85 ab	0,40	<0,01	<0,01	0,09
	2	65,29 a	62,42 bc	63,62 b	61,82 c	0,38	<0,01	<0,01	0,66
Fibra Detergente Ácido (%)	2	34,37 a	31,34 c	33,32 ab	32,24 bc	0,32	<0,01	<0,01	0,17
Digestibilidade <i>in vitro</i> na matéria seca (%)	1	61,23 a	58,54 b	58,08 b	57,67 b	0,69	<0,01	<0,01	0,06
	2	62,35 c	67,16 a	64,28 bc	66,31 ab	0,70	<0,01	<0,01	0,24
	4	55,01 a	54,48 a	52,99 b	54,37 a	0,56	0,05	0,91	0,06
Lignina (%)	1	2,90 b	4,04 a	3,70 a	3,83 a	0,11	<0,01	<0,01	0,08
	2	2,97 a	2,7 b	3,03 a	2,91 a	0,10	0,09	0,08	0,29
Matéria Mineral (%)	2	12,05 a	11,61 ab	12,09 a	11,41 b	0,14	<0,01	<0,01	0,47
	3	10,93 a	8,69 b	10,79 a	8,50 b	0,17	<0,05	<0,01	0,10

¹ Médias seguidas de letras distintas por corte, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ² Desvio Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores.

Tabela 15. Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da planta inteira de cultivares nos quatro cortes, independente da densidade de árvores

Variável	Corte	Cultivar			DP ²	P-valor ¹		
		Tamani	Piatã	Zuri		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Proteína Bruta (%)	2	18,89 a	15,25 c	17,23 b	0,40	<0,01	<0,01	0,19
Fibra Detergente Neutro (%)	1	64,27 c	66,71 b	68,46 a	0,34	<0,01	<0,01	0,09
	2	62,06 b	65,04 a	62,76 b	0,38	<0,01	<0,01	0,66
Fibra Detergente Ácido (%)	2	31,41 c	34,61 a	32,44 b	0,27	<0,01	<0,01	0,17
Digestibilidade <i>in vitro</i> na matéria seca (%)	1	62,21 a	59,56 b	54,86 c	0,60	<0,01	<0,01	0,06
	2	67,48 a	61,99 b	65,60 a	0,62	<0,01	<0,01	0,24
	4	54,47 a	54,94 a	53,23 b	0,48	0,05	0,91	0,06
Lignina (%)	1	3,69 a	3,16 b	4,00 a	0,09	<0,01	<0,01	0,08
	2	3,02 a	2,92 a	2,97 a	0,09	0,09	0,08	0,29
Matéria Mineral (%)	2	11,99 a	11,07 b	12,31 a	0,12	<0,01	<0,01	0,47
	3	9,93 a	9,35 b	9,90 a	0,15	<0,05	<0,01	0,10

¹ Médias seguidas de letras distintas por corte, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ² Desvio Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores.

Na Tabela 16, encontra-se as médias e os desvios padrão de variáveis de PB, FDN, FDA e DIVMS na folha de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, que apresentaram efeito significativo na interação cultivar e densidade ($p<0,05$). A PB no segundo corte apresentou as maiores médias nos três tratamentos com ILPF para as cultivares Tamani e Piatã, na cv. Zuri as maiores médias ocorreram nas densidades de 84 árv./ha. No terceiro corte houve perda dos resultados da parcela com 84 árv./ha, com isso a maior média para as cultivares Tamani e Piatã ocorreram na densidade arbórea de 333 árv./ha e para cv. Zuri as densidades de 166 e 333 árv./ha obtiveram as maiores médias, sem diferença estatisticamente entre elas ($p<0,01$). No terceiro corte, as parcelas de 84 árv./ha e as parcelas da cv. Piatã em todos os tratamentos foram perdidas. Com isso, na cv. Tamani as maiores médias ocorreram no PS e na densidade arbórea de 166 árv./ha e na cv. Zuri as maiores médias ocorrem no PS e na densidade arbórea de 333 árv./ha ($p<0,01$).

Para a FDA no segundo corte, a cv. Tamani apresentou as maiores médias no PS, a cv. Piatã na densidade arbórea de 166 árv./ha e a cv. Zuri no PS. No quarto corte, a cv. Tamani apresenta-se com maior média no PS, para as cultivares Piatã e Zuri, não houve diferença estatística entre as médias nos quatro tratamentos, sendo que as médias da cv. Zuri foram superiores que as médias da cv. Piatã (com exceção da densidade arbórea de 333 árv./ha).

Na DIVMS, o segundo corte na cv. Tamani obteve as maiores médias nos tratamentos com 84 e 333 árv./ha, a cv. Piatã não apresentou diferença significativa de suas médias nos quatro tratamentos e a cv. Zuri também apresentou as maiores médias nas densidades arbóreas de 84, 166 e 333 árv./ha, quando comparamos com o PS. No quarto corte, as maiores médias para a cv. Tamani ocorreram nas densidades arbóreas de 84 e 166 árv./ha, para a cv. Piatã o PS, 84 e 166 árv./ha apresentaram as maiores médias, sem diferença estatística entre eles e a cv. Zuri apresentou a maior média na densidade arbórea de 84 árv./ha.

A Tabela 17, apresenta as médias e os desvios padrão das variáveis de LIG e MM da folha de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, que apresentaram efeito significativo na interação cultivar e densidade ($p<0,05$). No primeiro corte houve a perda da parcela da cv. Tamani na densidade

arbórea de 333 árv./ha e no terceiro corte houve perda de todas as parcelas da cv. Piatã e de todas as cultivares na densidade arbórea de 84 árv./ha.

Para a LIG no primeiro corte, as maiores médias apresentadas ocorreram na cv. Tamani com 166 árv./ha e na cv Zuri com 84 árv./ha (4,11 e 4,78 %, respectivamente). No segundo a cv. Tamani não apresentou diferença significativa entre o PS e os ILPF, a cv. Piatã apresentou a menor média no PS, e a cv. Zuri apresentou a menor média na densidade arbórea de 84 árv./ha. Já no terceiro corte, as maiores médias ocorrem na densidade arbórea de 333 árv./ha nas cultivares Tamani e Zuri. No quarto corte, a maior média para a cv. Tamani ocorreu no PS, para cv, Piatã nas densidades arbóreas de 84 e 333 árv./ha, e para cv. Zuri na densidade arbórea de 84 árv./ha.

Ainda na Tabela 17, a variável da MM também houve interação significativa entre cultivar e densidade arbórea nos quatro cortes ($p < 0,05$). Com isso, no primeiro, segundo e terceiro cortes a cv. Tamani no PS apresentou as maiores médias encontradas (12,16, 12,59 e 13,70 %, respectivamente), no quarto corte a cv. Tamani apresentou a maior média na densidade arbórea de 333 árv./ha, a cv. Piatã não apresentou diferença estatística entre os quatro tratamentos no quarto corte e na cv. Zuri os tratamentos com ILPF apresentaram medias estatisticamente iguais ao PS ($p < 0,01$).

Tabela 16. Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da folha de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes

Variável	Corte	Cultivar	Densidade arbórea/hectare				DP ²	P-valor ¹		
			0	84	166	333		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Proteína Bruta (%)	2	Tamani	14,06 Ab	19,13 Aa	17,51 ABa	18,57 Aa	0,42	<0,05	<0,01	<0,05
		Piatã	14,97 Ab	17,81 Aa	17,82 Aa	17,45 Aa				
		Zuri	13,70 Ac	18,84 Aa	16,31 Bb	17,70 Aab				
	3	Tamani	11,25 Bc	NA	13,67 Ab	17,24 Aa	0,46	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	13,06 Ab	NA	9,56 Bc	16,71 Aa				
		Zuri	8,54 Cb	NA	12,44 Aa	11,76 Ba				
Fibra Detergente Neutro (%)	3	Tamani	68,24 Ba	NA	66,87 Aa	63,76 Bb	0,47	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	NA	NA	NA	NA				
		Zuri	69,86 Aa	NA	68,00 Ab	68,44 Aab				
	4	Tamani	67,13 Aa	66,18 Aab	64,78 Bb	65,54 Aab	0,47	0,08	0,45	<0,01
		Piatã	65,26 Ba	66,71 Aa	66,72 Aa	66,69 Aa				
		Zuri	66,87 Aa	66,80 Aa	66,72 Aa	66,18 Aa				
Fibra Detergente Ácido (%)	2	Tamani	32,43 Ba	29,54 Bc	32,33 Aab	30,46 Bbc	0,52	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	31,82 Bab	31,52 Ab	33,54 Aa	32,66 Aab				
		Zuri	35,31 Aa	31,84 Ab	33,01 Ab	31,63 ABb				
	4	Tamani	36,38 Aa	33,31 Bb	33,50 Bb	33,99 Bb	0,44	<0,01	0,81	<0,01
		Piatã	32,63 Ba	33,62 Ba	34,24 Ba	34,54 ABa				
		Zuri	35,39 Aa	36,65 Aa	36,77 Aa	36,37 Aa				
Digestibilidade <i>in vitro</i> na matéria seca (%)	2	Tamani	64,62 Ab	70,15 Aa	65,52 Ab	69,84 Aa	1,10	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	66,50 Aa	65,85 Ba	63,39 Aa	65,13 Ba				
		Zuri	59,32 Bc	67,01 ABab	63,62 Ab	67,95 ABa				
	4	Tamani	53,60 Bc	59,79 Aa	59,43 Aa	58,14 Ab	0,83	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	61,02 Aa	60,85 Aa	60,19 Aa	58,62 Ab				
		Zuri	55,24 Bb	56,22 Ba	54,83 Bb	54,94 Bb				

¹ Médias seguidas de letras distintas por corte, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05); ² Desvio

Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores; NA: não analisado.

Tabela 17. Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da folha de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes

Variável	Corte	Cultivar	Densidade arbórea/hectare				DP ²	P-valor ¹		
			0	84	166	333		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Lignina (%)	1	Tamani	3,1 Bc	3,46 Bb	4,11 Aa	NA	0,15	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	3,1 Bb	3,46 Ba	2,86 Bc	2,94 Bb				
		Zuri	4,05 Ac	4,78 Aa	4,03 Ac	4,3 Ab				
	2	Tamani	1,97 Ba	2,47 ABa	2,42 Aa	2,20 Aa	0,15	0,46	0,21	<0,01
		Piatã	1,80 Bb	2,57 Aa	2,63 Aa	2,59 Aa				
		Zuri	2,69 Aa	1,96 Bb	2,16 Aab	2,33 Aab				
	3	Tamani	3,81 Ab	NA	3,73 Ab	4,00 Aa	0,14	0,17	<0,01	<0,05
		Piatã	NA	NA	NA	NA				
		Zuri	3,25 Bc	NA	3,59 Ab	4,18 Aa				
	4	Tamani	4,60 Aa	4,05 ABb	4,05 Aab	4,31 Aab	0,13	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	3,45 Bab	3,95 Ba	3,21 Bb	3,98 Aa				
		Zuri	3,86 Bbc	4,48 Aa	3,71 ABc	4,42 Aab				
Matéria Mineral (%)	1	Tamani	12,16 Aa	10,3 Ab	9,89 Ab	NA	1,20	<0,01	<0,01	<0,05
		Piatã	10,71 Ba	8,81 Bc	9,47 Bb	9,27 Bb				
		Zuri	10,69 Ba	8,08 Cc	9,61 Bb	9,50 Ab				
	2	Tamani	13,70 Aa	11,77 Bc	12,89 Ab	12,73 Ab	0,20	<0,01	<0,01	<0,01
		Piatã	12,31 Ba	10,67 Cc	11,35 Bb	10,58 Bc				
		Zuri	12,06 Bc	12,59 Ab	13,10 Aa	12,93 Aab				
	3	Tamani	12,59 Aa	NA	11,43 Ab	10,13 Ac	0,22	<0,05	<0,01	<0,05
		Piatã	NA	NA	NA	NA				
		Zuri	11,38 Ba	NA	11,15 Aa	10,33 Ab				
	4	Tamani	9,36 Ab	9,26 Ab	8,52 Ac	9,79 Aa	0,39	<0,01	0,26	<0,01
		Piatã	7,75 Ba	8,47 Ba	8,55 Aa	7,99 Ba				
		Zuri	9,36 Aa	9,06 ABa	8,86 Aa	8,89 ABa				

¹ Médias seguidas de letras distintas por corte, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05); ² Desvio Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores; NA: não analisado.

As Tabelas 18 e 19 apresentam as médias e os desvios padrão de variáveis de PB, FDN, FDA e DIVMS na folha de cultivares em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, que não apresentaram efeito significativo na interação cultivar e densidade ($p>0,05$). As parcelas de todas as cultivares na densidade de 84 árv./ha e todas as parcelas da cv. Piatã no terceiro corte foram perdidas. Na Tabela 18 a PB, nos cortes 1 e 4, apresentou as menores médias no PS, tendo como maior valor a densidade arbórea de 333 árv./ha no primeiro corte (16,00 %).

A FDN, apresentou nos primeiro e segundo corte no PS, as maiores médias. Na FDA, no primeiro corte, a maior média encontrada ocorreu no PS e no terceiro corte não houve diferença estatisticamente entre as médias nos tratamentos analisados. Ainda na Tabela 18, na variável de DIVMS dos cortes 1 e 3, nos tratamentos analisados, não houve diferença estatística significativa entre as médias.

Na Tabela 19, a PB no primeiro corte, a cv. Tamani obteve médias superiores a cv. Zuri. No quarto corte, a cv. Tamani apresentou a maior média entre as cultivares (13,28 %). A FDN, apresentou a maior média na cv. Zuri no primeiro corte e no segundo corte não houve diferença significativa estatisticamente entre as médias das três cultivares analisadas.

Na FDA, no primeiro e terceiro corte, a cv. Zuri apresentou as maiores médias analisadas (37,93 e 38,13 %, respectivamente). A DIVMS no primeiro corte, as cultivares Tamani e Piatã apresentaram as maiores médias (62,74 e 61,41%, respectivamente) e no quarto corte a cv. Tamani apresentou a maior média (59,31 %).

Tabela 18. Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da folha em sistemas com diferentes densidades arbóreas nos quatro cortes, independente de cultivar

Variável	Corte	Densidade arbórea/hectare				DP ²	P-valor ¹		
		0	84	166	333		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Proteína Bruta (%)	1	13,63 c	15,18 b	15,14 b	16,00 a	1,47	<0,01	<0,01	0,75
	4	11,04 c	12,26 b	13,32 a	12,58 ab	0,26	<0,01	<0,01	0,06
Fibra Detergente Neutro (%)	1	65,97 a	63,96 b	64,05 b	63,35 c	1,82	<0,01	<0,01	0,99
	2	65,33 a	62,97 b	61,64 c	60,84 c	0,27	0,90	<0,01	0,45
Fibra Detergente Ácido (%)	1	36,37 a	35,34 b	35,41 b	34,99 c	1,61	<0,01	<0,01	0,55
	3	36,71 a	NA	36,22 a	37,18 a	0,40	<0,01	0,23	0,20
Digestibilidade <i>in vitro</i> na matéria seca (%)	1	59,55 a	59,73 a	59,21 a	59,90 a	2,79	<0,01	0,02	0,05
	3	56,65 a	NA	58,08 a	56,39 a	0,77	<0,01	0,25	0,65

¹ Médias seguidas de letras distintas por corte, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ² Desvio Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores; NA: não analisado.

Tabela 19. Médias e desvios padrão de variáveis bromatológicas da folha de cultivares nos quatro cortes, independente da densidade de árvores

Variável	Corte	Cultivar			DP ²	P-valor ¹		
		Tamani	Piatã	Zuri		Cultivar	Densidade arbórea/ha	C x D ³
Proteína Bruta (%)	1	15,86 a	14,74 ab	14,37 b	1,47	<0,01	<0,01	0,75
	4	13,28 a	11,95 b	11,68 b	0,21	<0,01	<0,01	0,06
Fibra Detergente Neutro (%)	1	63,71 b	63,94 b	65,42 a	1,82	<0,01	<0,01	0,99
	2	62,71 a	62,64 a	62,73 a	0,24	0,90	<0,01	0,45
Fibra Detergente Ácido (%)	1	33,31 b	34,83 b	37,93 a	1,61	<0,01	<0,01	0,55
	3	35,27 b	NA	38,13 a	0,32	<0,01	0,23	0,20
Digestibilidade <i>in vitro</i> na matéria seca (%)	1	62,74 a	61,41 a	55,49 b	2,79	<0,01	0,02	0,05
	3	59,31 a	NA	54,78 b	0,62	<0,01	0,25	0,65

¹ Médias seguidas de letras distintas por corte, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ² Desvio Padrão; ³ Interação entre Cultivar e Densidade de árvores; NA: não analisado.

3.4 Discussão

Observa-se nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 que a quantidade de radiação solar recebida pelo dossel das pastagens sofreu influência da densidade de árvores por hectare, diminuindo a quantidade que incide nas pastagens em ILPF. Sendo assim, RFAi nas pastagens em ILPF foi significativamente ($p < 0,01$) inferior à radiação incidente nas pastagens em PS.

Santos et al. (2018), em estudo realizado em um sistema silvipastoril com *U. brizantha* cv. Piatã com *E. urograndis* e 12 metros entre renques, mostraram que a RFA foi 21,9% menor e 39,5% menor com 22 metros entre renques em relação ao pleno sol. Sousa et al. (2010) encontraram resultados de RFA de 475 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ e de 1.211 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, em IPF e em pleno sol respectivamente, em um sistema silvipastoril formado por 140 árvores/ha de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e *U. brizantha* cv. Marandu. Em outro estudo, Pezzopane et al. (2015) encontraram maior ($p < 0,05$) RFA no pleno sol (7,6 MJ/m²/dia) em relação a dois (4,6 MJ/m²/dia) e a 8,5 metros do renque das árvores (7,0 MJ/m²/dia) em um IPF. O sistema era formado pela *U. decumbens* cv. Basilisk e as árvores nativas *Anadenanthera colubrina*, *Peltophorum dubium*, *Zeyheria tuberculosa*, *Cariniana estrellensis* e *Piptadenia gonoacantha*.

Pode-se observar que a presença das árvores reduz a RFAi nas pastagens. Esse fator pode diminuir consideravelmente a sua produção em sistemas com alta densidade arbórea. Além de causar menor produção, o pasto sob sombra altera a sua estrutura, elevando a sua altura média e reduzindo a relação folha/colmo (estiolamento), resultados estes observados neste trabalho. A redução da radiação solar influencia o crescimento das forrageiras, principalmente aquelas de maior potencial produtivo, alongando os colmos e modificando a área foliar para permitir uma maior atividade fotossintética, relatado por Belesky et al., (2011). Isso fica evidente no estudo, avaliando-se as alturas médias e a relação folha/colmo.

As tabelas de produtividade (Tabelas 6, 7, 8 e 9) apresentam os dados dos quatro cortes comparando as três cultivares de plantas forrageiras sob as diferentes densidades de árvores (84 árvores/ha, 166 árvores/ha e 333 árvores/ha) e PS. As variáveis medidas incluem altura da planta, produção de massa seca, relação folha/colmo, produção de massa seca de folhas e caules e taxa de acúmulo diário de

forragem. A produção de massa seca total das cultivares de forrageiras, após 166 dias de experimentação, encontra-se nas tabelas 10 e 11, onde o monocultivo e a densidade de 84 árvores por hectare apresentam maior produtividade (aproximadamente 35%) quando comparadas aos demais arranjos de SSP. Dentre as forrageiras analisadas, a cultivar Zuri obteve a maior produção de massa seca total (9013,68 kg, $p < 0,05$), o que revela maior potencial de estabelecimento, tanto a PS, quanto no ILPF com 84 árv./ha. Esse resultado surpreende, abrindo uma possibilidade de utilizar o ILPF sem que a produtividade diminua. Um fator de atenção é a quantidade de árvores por hectare, nesse arranjo, a produção de madeira tem uma redução drástica, com isso o retorno financeiro esperado pode estar reduzido, quando comparado com o arranjo de 333 árv./ha.

Os resultados acumulados nos três tratamentos com ILPF corroboram com a literatura, Paciullo et al. (2017) concluíram que em sombreamento intenso (65% de sombra) há redução da massa de forragem, densidade de perfilhos e índice de área foliar das pastagens, porém quando o sombreamento é moderado (35% de sombra) não há alteração dessas variáveis, em relação ao cultivo em sol pleno.

Na avaliação do primeiro corte, a cv. Zuri em pleno sol obteve os maiores resultados, principalmente quando comparado com a cv. Tamani na densidade arbórea de 333 árvores por hectare (uma diferença de 61% nas alturas médias). Esse é um resultado esperado, pois o porte morfogênico da cv. Zuri é maior entre as três cultivares analisadas. Esse resultado indica uma tendência de maior produtividade da cultivar Zuri, sendo observado na produção de massa seca (kg/ha) e na taxa de acúmulo de forragem (kg/dia). O teor de matéria seca na biomassa não apresentou interação significativa entre cultivar e densidade pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Percebe-se uma relação de maior teor de matéria seca nos sistemas silvipastoris, quando comparado ao PS (cerca de 6% maior). Isso contradiz a descrição de Castro et al. (1999), onde as gramíneas cultivadas na sombra tornaram-se mais suculentas e com menor teor de matéria seca (MS).

Quando se observa o segundo corte, o teor de matéria seca (%), apresentou diferença significativa somente para a cv. Zuri (aproximadamente 11% menor, quando comparado com as demais cultivares). Outro dado importante, é a relação folha/colmo, no qual obteve-se o maior dado (12,78) na cv. Zuri com densidade arbórea de 333 árvores por hectare. Urge notar que a taxa de acúmulo diário de

forragem (kg/dia), não apresentou interação entre cultivar e densidade arbórea ($p>0,05$), mas verifica-se que a densidade de 84 árv./ha e o PS não apresentou diferença estatística significativa, o que reflete que nesse sombreamento não houve redução significativa na produção de massa de forragem no período do corte.

No terceiro corte, pondera-se que o fator densidade arbórea na taxa de acúmulo diário de forragem (kg/dia) interfere novamente de modo negativo nos valores das médias das cultivares nos sistemas silvipastoris de 166 e 333 árv./ha, onde os mesmos, apresentaram menores médias ($p<0,01$) quando comparados com a densidade de 84 árv./ha e o PS (redução entre 35 e 45% aproximadamente). Tal fato converge com dados da literatura, como o relato de Pereira (2018) acerca das condições de sombreamento sob a forrageira no sub-bosque apresentarem potencial prejudicial ao crescimento e à produção de forragem em sistemas agrossilvipastoris e silvipastoris.

Observa-se ainda, que as médias encontradas de altura (cm) apresentam valores maiores ($p<0,05$) nos sistemas silvipastoris, comportamento este que vai de encontro a trabalhos que indicam tendência de pastagens sob sombreamento moderado apresentarem maiores alturas quando comparadas com as pastagens sem sombra (Souza et al., 2020). Faz-se relevante ressaltar que a produção de massa seca (kg/ha) em PS e na densidade arbórea de 84 árv./ha não mostra diferença estatística pelo Teste de Tukey $p<0,01$ (1938,86A PS e 1985,96 A 88 árv./ha), o que pode ser critério importante para escolha da estratégia de implantação de um sistema de SSP. Já o teor de matéria seca, em pleno sol, obteve médias maiores (13% $p<0,05$) quando comparado aos sistemas silvipastoris, o que contraria os dados do primeiro corte, mas segue os resultados encontrados por Castro et al. (1999), onde as gramíneas cultivadas na sombra tornaram-se mais suculentas e com menor teor de matéria seca. Tal resultado é, ainda, relatado por Crestani (2017), ao avaliar o capim Piatã em monocultivo e em três regimes de sombra (0, 18 e 55% de sombreamento). Este observou que, o sombreamento provocado pelas árvores reduziu a massa seca de forragem no pré pastejo em 36 e 71%, respectivamente, para os regimes de sombra de 18 e 55% de sombreamento, quando comparados a pastagem em PS.

No quarto corte, especificamente para altura da planta, produção de matéria seca, relação folha/colmo e taxa de acúmulo diário de forragem, houve diferenças significativas entre as cultivares. Para a produção de matéria seca de folhas e colmo,

também houve diferenças significativas entre cultivares, mas o efeito da densidade de árvores e da interação cultivar-densidade de árvore não foi significativo ($p > 0,05$ no teste de Tukey). A cultivar Zuri apresentou o maior desempenho em relação à altura da planta, produção de massa seca.

No acumulado, produção de massa seca total e taxa de acúmulo diário de forragem, a cv. Zuri apresentou o maior desempenho e as cultivares Tamani e Piatã não apresentaram diferença estatística ($p < 0,01$). Isso revela um diferencial de produção na cv. Zuri, podendo se tornar um fator para a escolha da cultivar em detrimento das demais, em casos em que se busca uma taxa de lotação de animais maior.

Com base nos resultados, verifica-se que a cv. Tamani apresentou o menor porte, enquanto as cultivares Piatã e Zuri apresentaram maiores estaturas. Em termos de produção de massa seca, a cv. Zuri apresentou maiores índices de produtividade, enquanto, as cultivares Piatã e Tamani apresentaram valores semelhantes. A relação folha/caule foi maior para cv. Tamani nos ILPF. A produção de massa seca de folhas foi maior para a cultivar Zuri. Por fim, a taxa de acúmulo diário de forragem foi maior para a cultivar Zuri. Mostrando novamente a o potencial produtivo da cv. Zuri, comparado com as demais forrageiras do estudo.

A produção de massa seca de forragem apresentou uma diferença de comportamento entre as três cultivares no último corte. A cv. Tamani apresentou maior média no PS e surpreendente, a cv. Zuri apresentou maior média no ILPF com 84 árv./ha, sendo essa diferença superior a 50% em relação ao PS. A cv. Piatã não apresentou diferença significativa nos quatro tratamentos. Gobbi et al. (2009) não observaram diferença na massa da forragem de *U. decumbens* a 50 e 70% nos níveis de sombreamento artificial e em pleno sol durante o período de reduzida disponibilidade de recursos de crescimento (condições climáticas). Isso mostra que no quarto corte, as diferenças nas produtividades nos diferentes sistemas de ILPF ficam reduzidas ou inexistentes, pois as condições climáticas favoráveis ao crescimento das forrageiras reduzem, provocando limitações no desenvolvimento das forrageiras tropicais.

Os resultados sugerem que a escolha do cultivar pode ter um impacto significativo na produção de forragem e que diferentes cultivares podem ser mais adequados para diferentes fins, dependendo do resultado desejado.

O estudo também sugere um efeito significativo da densidade de árvores em ambas as variáveis, com densidades mais altas levando a menores taxas de produção e acumulação. No entanto, surpreendentemente, a produção das cultivares na densidade arbórea de 84 árv./ha foi estatisticamente igual ao PS, mostrando um alto potencial de utilização, pois os ILPFs ainda reúnem uma enorme quantidade de benefícios em sua utilização, como sequestro de carbono, aumento do bem estar-animal, melhoria no perfil microbiológico do solo, aumento da renda por hectare e produtividade por animal (Dias et al., 2021). De Carvalho (2019) também encontrou resultados parecidos, em estudo, comparando a produção de forragem em diferentes sistemas de cultivo no bioma Amazônia brasileira. Ele analisou quatro sistemas, pecuária com capim-marandu em monocultivo, pastagens de capim marandu integradas com eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) em três fileiras de renques, capim braquiária com dois anos de cultivo e capim braquiária após dois anos de cultivo com fileiras simples de eucaliptos espaçadas. O experimento ocorreu durante o período de julho de 2016 a julho de 2017, todas as unidades experimentais foram estocadas continuamente, utilizando taxa de lotação variável. Os resultados mostraram que o maior acúmulo de forragem foi observado nos sistemas com capim braquiária com dois anos de cultivo e capim braquiária após dois anos de cultivo com fileiras simples de eucaliptos espaçadas, com 21.310 kg/ms/ha e 24.050 kg/ms/ha, respectivamente, em comparação com capim-marandu em monocultivo (19.500 kg/ms/ha) e pastagens de capim-marandu integradas com eucalipto em três fileiras (18.890 kg/ms/ha).

Para que seja obtida adequada nutrição dos bovinos, o nível mínimo de PB nas forrageiras deve ser próximo a 8%, com base na matéria seca. Tal definição se dá para que não ocorra limitação da atividade dos microrganismos do rúmen na utilização dos componentes fibrosos da forragem (Lazzarini et al., 2009). Todas as médias dos quatro cortes analisados no estudo satisfazem esse nível mínimo exigido, o que sugere adequação em relação à escolha de cultivares estudadas no pastejo em sistemas silvipastoris.

Observa-se a ocorrência de um valor maior ($p < 0,05$) de PB nos tratamentos com espécies arbóreas, quando comparados com em pleno sol, o que pode estar relacionado ao efeito direto do sombreamento sobre as características fisiológicas da forrageira. Belesky et al. (2011) relataram um mecanismo ontogenético de atraso no desenvolvimento em plantas sombreadas. Tal mecanismo predispõe as plantas a

serem mais jovens fisiologicamente, de forma a manterem níveis metabólicos mais baixos. Wilson et al. (1991) argumentam que a redução da luz provoca uma diminuição na fotossíntese, resultando em aumento na concentração de nitrogênio. Dale e Causton (1992) relacionaram um maior teor de nitrogênio em plantas sombreadas, de forma que a teoria da concentração em função do aumento da PB na planta é usada como argumento, ou seja, com o sombreamento, há redução na produção de forragem e a quantidade de nitrogênio absorvida pode exceder a exigência metabólica, o que aumenta o teor de nitrogênio sem aumentar a produção de forragem.

É elucidado, na literatura também, que as forrageiras submetidas ao sombreamento, como no caso dos sistemas silvipastoris, têm a qualidade incrementada, com aumentos nos teores de PB, nas áreas sombreadas em relação às áreas em pleno sol. Explica-se tal aumento por melhorias na fertilidade do solo (ciclagem de nutriente e deposição de material orgânico), bem como a diluição do nitrogênio nos tecidos vegetais em diferentes produtividades (Paciullo et al., 2017). Segundo Paciullo et al. (2011), que avaliaram os efeitos de árvores dispostas em renques sobre as características produtivas e nutricionais de *Urochloa decumbens*, a região entre 7 e 10 metros de distância do renque é a região do pasto que melhor aproveita os possíveis efeitos benéficos da sombra moderada sobre a densidade de perfilhos, a massa de forragem e acúmulo de PB, onde os mesmos relatam que o teor proteico foi 51% maior sob a copa das árvores (9,8%) que distante a 13,5 m delas (menor teor de 6,5%).

Ademais, Wilson et al. (1996) relataram uma maior conservação da umidade no solo e, conseqüentemente, maior mineralização e decomposição da matéria orgânica, aumentando a disponibilidade de nitrogênio para a forrageira.

Ao avaliar-se os valores de PB nas folhas, observa-se maiores médias (entre 10 e 20%), quando comparado aos valores observados na planta inteira ($p < 0,05$). Observa-se também, maiores médias de PB no terceiro corte, com os melhores valores encontrados na densidade de 333 árv./ha (valores acima de 16% de PB). Isso é corroborado pela literatura, em um estudo conduzido por Barros et al. (2018), em Campo Grande-MS, foram avaliados a composição química da folha e do colmo da *U. brizantha* cv. Piatã em IPF, com 14 e 22 metros entre renques e em pleno sol, em quatro épocas do ano. Os resultados mostraram que os teores de PB nas folhas foram

significativamente maiores ($p < 0,05$) no sistema com 14 metros entre renques (13,9%) em comparação com o sistema com 22 metros entre renques (11,7%) e o pleno sol (9,2%). Além disso, os teores de PB foram mais elevados no verão do que no inverno, devido às melhores condições climáticas de precipitação, luminosidade e temperatura. Não se verificou variações significativas nos teores de FDN da forragem de planta inteira e folhas ($p < 0,05$), oscilando entre interações significativas e não significativas para sistemas IPF e cultivares avaliados.

Kephart e Buxton (1993), relataram que enquanto o teor de PB geralmente aumenta com o sombreamento, os de FDN, FDA, DIVMS e Lignina não apresentam padrão definido e os resultados dependem das espécies, época do ano e percentagem de sombreamento. Neste estudo, o teor de FDN, FDA e LIG oscilou em todos os tratamentos, o que converge com a literatura. Houve variação da DIVMS durante os cortes, com valores oscilando entre os quatro tratamentos, o que pode se explicar pela variação na taxa de crescimento das três cultivares e a influência do sombreamento nos três tratamentos arbóreos (84, 166 e 333 árv/ha). Como não houve dias fixados para o período entre os cortes, essa variação pode ter privilegiado um tratamento ou cultivar em um corte (ciclo de pastejo), mas o privilégio não foi mantido no corte subsequente. O que é importante se verificar, é que a cultivar Tamani apresentou as maiores médias ($p < 0,05$) durante os quatro cortes, o que pode ser determinante na escolha da cultivar para estratégias de alta produtividade de animais.

Como relatado por Kephart e Buxton (1993), os teores de lignina apresentaram variações, não permitindo a determinação de uma densidade arbórea ou cultivar que apresenta um resultado superior, o que também ocorreu no presente estudo.

Campos et al. (2002) avaliaram a degradabilidade da MS e a FDN de *Pennisetum purpureum*, capim-elefante, com diferentes idades de crescimento e constataram que a haste é porção da planta que mais afeta o processo digestivo animal, devido à lignificação com o avançar do crescimento vegetativo. Tal fato destaca a relevância de se conhecer as variações dos teores de PB entre planta inteira e folha para o estabelecimento de um manejo estratégico das pastagens, visando maximizar a oferta de forragem de alta qualidade. Isso pode demonstrar que cultivares que tenham alta relação folha/colmo, altos valores de PB na folha, podem apresentar resultados de desempenho animal individual, melhores que outras cultivares que

apresentem melhor produção por área, como foi o caso da cv. Tamani no presente estudo.

Diferente do que é encontrado na literatura, a porcentagem de MM não apresentou um padrão definido e os resultados oscilaram entre as cultivares, PS e as densidades arbóreas. Silva et al. (2021), encontraram um teor de MM de 27,50% superior do capim xaraés em sistema ILPF com 65% de sombreamento, compara do com ILP com a mesma pastagem, tendo como componente florestal do ILPF o eucalipto. Em um outro estudo, Lana et al., (2016) observaram maior teor de MM em *Urochloa brizantha* integrada ao eucalipto quando comparada à monocultura. Rodrigues et al. (2015) atribui essas diferenças à ocorrência de uma mineralização ativa no solo de ambientes sombreados, que pode contribuir para uma maior disponibilidade de minerais para a planta.

3.4 Conclusões

Os resultados indicam que densidades mais elevadas de árvores podem não ser benéficas para a produção e acúmulo de forragem, independentemente da cultivar utilizada. No entanto, no acumulado independente da cultivar, a densidade de 84 árv./ha mostrou-se com tão produtiva quanto à condição a pleno sol, trazendo consigo, os benefícios da utilização do sistema de ILPF, aliado a uma boa produtividade das forrageiras.

Avaliando individualmente as cultivares, a cultivar Zuri apresentou o maior potencial produtivo a pleno sol e nos diferentes sistemas de integração-lavoura-pecuária-floresta. Por outro lado, a cultivar Tamani apresentou um menor potencial produtivo comparado a Zuri, mas com teores mais elevados de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* na matéria seca, se tornando uma excelente estratégia na maximização da produtividade de carne e leite por animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. G. de; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração, Cap 24, p380-388. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). *Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável*. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. ISBN: 978-85-7035-110-4.
- ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. D. A. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro. *Tópicos em Ciência do Solo*, v. 8, p. 325-380, 2013.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. AgroEstat – Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos. Jaboticabal-SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2015. ISBN: 978-85-68020-01-2.
- BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Statistical Society, Series A*, v. 160, p. 268–282. 1937. doi: <https://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109>.
- BARROS, J. S.; CASTRO, L. C. S.; SILVA, F. D. L.; ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G. D.; SANTOS, D. M. D.; LOURES, D. R. S. Productive and nutritional characteristics of Piatã-grass in integrated systems. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 19, n. 2, p. 144-156, 2018. doi: 10.1590/S1519-99402018000200001.
- BELESK, Y. D. P.; BURNER, D. M.; RUCKLE, J. M. Tiller production in cocksfoot (*Dactylis glomerata*) and tall fescue (*Festuca arundinacea*) growing along a light gradient. *Grass and forage Science*, v.66, n.3, p.370-380, 2011.
- CAMPOS, F. B. de; LANNA, D. P. D.; BOSE, M. L. V.; BOIN, C.; SARMENTO, P. Degradabilidade do capim-elefante em diferentes estágios de maturidade avaliada pelo método in vitro/gás. *Scientia Agricola*, v.59, p.217-225, 2002. doi: vti-439625.
- CARVALHO, P. C. de F.; MORAES, A. de; PONTES, L. da S.; ANGHINONI, I.; SULC R. M.; BATELLO, C. Definições e terminologias para sistema integrado de produção agropecuária. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 5 (Especial), p. 1040-1046, 2014. ISSN1806-6690.
- CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 28, n. 5, p. 919 -927, set./out. 1999. doi: 10.1590/S1516-35981999000500003.
- COSTA, S. B. M.; MELLO, A. C. L.; DUBEUX, JR. J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; OLIVEIRA, J. T. C.; APOLINÁRIO, V. X. O. Livestock performance in warm-climate silvopastures using tree legumes. *Agronomy Journal*, v. 108, p. 2026–2035, 2016. doi: 10.2134/agronj2016.03.0180.
- CRESTANI, S.; MASCHERONI, J. D. C.; VERA GEREMIA, E.; CARNEVALLI, R. A.; MOURÃO, G. B.; DA SILVA, S. C. Sward structural characteristics and herbage accumulation of Piatã palisade grass (*Brachiaria brizantha*) in a crop-livestock-forest

integration area. *Crop and Pasture Science*, v. 68, n. 9, p. 859–871, 2017. doi: <https://doi.org/10.1071/CP16341>.

DE CARVALHO, P. Forage and animal production on palisadegrass pastures growing in monoculture or as a component of integrated crop–livestock–forestry systems. *Grass and Forage Science*, v. 74, n. 4, p. 650–660, 2019. doi: 10.1111/gfs.12448.

DIAS, M. B. C.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; BILEGO, U. O. Cattle performance with *Brachiaria* and *Panicum maximum* forages in an integrated crop–livestock system. *African Journal of Range & Forage Science*, v. 39, n. 2, p. 230–243, 2021. doi: 10.2989/10220119.2021.1901311.

DIAS-FILHO, M. B. *Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação*. 4. ed. rev., 215 p, 2015. ISBN 978-85-7035-688-8.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; NETO, A. F. G.; PEREIRA, O. G.; VENTRELLA, M. C.; ROCHA, G. C. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.1645–1654, 2009. doi: 10.1590/S1516-35982009000900002.

GUERRA C. R. S. B., MORAES M. L. T., RECCO C. R. S. B., SILVA C. L. S. P.; GIMENES, F. M. A. Forage yield and nutritive value of naturally growing *Brachiaria decumbens* as undergrowth to an aroeira tree stand in a silvopasture system. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, p.3922–3928, 2016. doi: 10.5897/AJAR2016.11529.

HERRERO, M.; HENDERSON, B.; HAVLÍK, P.; THORNTON, P. K.; CONANT, R. T.; SMITH, P.; WIRSENIUS, S.; HRISTOV, A. N.; GERBER, P.; GILL, M.; BUTTERBACH-BAHL, K.; VALIN, H.; GARNETT, T.; STEHFEST, E. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Climate Change*, v. 6, n. 5, p. 452–461, 2016. doi: 10.1038/nclimate2925.

IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, 2012. doi: 10.1590/S1415-43662012000700005.

KEPHART, K. D.; BUXTON, D. R. Forage quality responses of C3 and C4 perennial grasses to shade. *Crop Science*, v.33, p.831–837, 1993. doi: 10.1111/j.1365-2486.2004.00833.x.

LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; REIS, G. L.; LEMES, E. M. Productivity and nutritive value of brachiaria forage intercropping with eucalyptus in a silvopastoral system in the Brazilian Cerrado biome. *Australian Journal of Crop Science*, v. 10(5), p. 654. 2016. doi: 10.21475/ajcs.2016.10.05.p7346.

LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C. B.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C.; SOUZA, M. A.; OLIVEIRA, F. A. Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa

qualidade e compostos nitrogenados. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 61, n. 3, p. 635-647, 2009. doi: 10.1590/S0102-09352009000300017.

NASCIMENTO, D.; NOVAIS, G. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas. *Élisée - Revista de Geografia da UEG*, v. 9, n. 2, p. e922021, 8 set. 2020. ISBN 978-65-89324-08-9.

NEVES NETO, D. N.; SANTOS, A. C.; ALEXANDRINO, E.; PERLON, M. S. Características morfogênicas e estruturais de *Urochloa spp.* sob manejo convencional e consorciado com cereais. *Revista Ciência Agronômica*, v. 46, n. 1, p. 204-215, 2015. doi: 10.1590/S1806-66902015000100024.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; GOMIDE, C. A. M.; MAURÍCIO, R. M., PIRES, M. F. Á.; MÜLLER, M. D.; XAVIER, D. F. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. *Livestock Science*, v.141, p.166–172, 2011. Doi: DOI:10.1016/j.livsci.2011.05.012.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; MAURÍCIO, R. M.; FERNANDES, P. B.; MORENZ, M. J. F. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. *Grass and Forage Science*, v.72, p.590–600, 2017. Doi: 10.1111/gfs.12264.

PENHA, D. S., GOES, R. H. T. B., SILVA, N. G., OLIVEIRA, R. T., ANSCHAU, D. G., OLIVEIRA, S. S., PICANÇO, Y. S., FERNANDES, A. R. M., SABEDOT, M. A.; VARGAS JUNIOR, F. M. Substituição total da soja por grãos de crambe e granola na alimentação de ovinos terminados. *Research, Society and Development*, 9(7), 2020.

PEREIRA, K. A. Parâmetros anatômicos, morfológicos e fisiológicos de forrageiras cultivadas em sistema agrossilvipastoril: uma revisão. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 11, n. 4, p. 1333-1355, 2018. Doi: 10.17765/2176-9168.2018v11n4p1333-1355.

PEZARICO, C. R., VITORINO, A. C. T., MERCANTE, F. M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. *Revista Ciências Agrárias*, v. 56, n.1, p. 40– 47, 2013. doi: 10.4322/rca.2013.004.

PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; NICODEMO, M. L. F.; SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G. D.; PARMEJIANI, R. S. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. *Bragantia*, v. 74, n. 1, p. 110-119, 2015. doi: 10.1590/1678-4499.0334.

PINHEIRO, J. C.; BATES, D. M. Mixed-effects models in S and Splus. *Springer*. 2000. ISBN: 9781441903174.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. 2022. ISBN: 9783900051075.

RODRIGUES, R. C.; ARAÚJO, R. A.; COSTA, C. S.; LIMA, A. J. T.; OLIVEIRA, M. E.; CUTRIM JUNIOR; J. A. A.; ARAÚJO, A. S. F. Soil microbial biomass in an agroforestry

system of Northeast Brazil. *Tropical Grassl ands Forrajes Tropicales*, v. 3(1), p. 41-48, 2015. doi: 10.17138/TGFT(3)41-48.

QUINTINO, A. C.; ALMEIDA, R. G.; ABREU, J. G.; MACEDO, M. C. M. Características morfogênicas e estruturais do capim-piatã em sistema de integração lavoura-pecuária. *Veterinária e Zootecnia*, v. 23, n.1, p. 131-138, 2016. ISSN Eletrônico 2178-3764.

SANTOS, D. C.; JÚNIOR, R. G.; VILELA, L.; MACIEL, G. A.; FRANÇA, A. F. S. Implementation of silvopastoral systems in Brazil with *Eucalyptus urograndis* and *Brachiaria brizantha*: Productivity of forage and an exploratory test of the animal response. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 266, p. 174-180, 2018. doi: 10.1016/j.agee.2018.07.017.

SANTOS, H. G. dos.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. de.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3 ed. rev., 2013. 353 p. ISBN: 978-85-7035-817-2.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, v. 52, p. 591–611. 1965. doi: 10.1093/biomet/52.3-4.591.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de Alimentos: Métodos químicos e biológicos*. 3 ed. UFV, p. 235, 2002. ISBN: 9786599512223.

SILVA, F. R. F.; SALMAN, A. K. D.; CRUZ, P. G.; PORTO, M. O.; CAVALI, J.; FERREIRA, E.; SOUZA, E. C.; CARVALHO, G. A. Bromatological composition and ruminal degradability of Xaraés palisade grass under grazing in integrated systems. *Animal Sciences*. v. 43, 2021. doi: 10.4025/actascianimsci.v43i1.53004.

SOUSA, L. F.; MAURÍCIO, R. M.; MOREIRA, G. R.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; PEREIRA, L. G. R. Nutritional evaluation of “Braquiarão” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system. *Agroforestry Systems*, v. 79, n. 2, p. 189-199, 2010. doi: 10.1007/s10457-010-9297-8.

SOUZA, G., GOMES, E. G. S., ALVES, E. R. A., GASQUES, J. G. Technological progress in the Brazilian agriculture. *Socio-Economic Planning Sciences*. v. 72. 2020. doi: 10.1016/j.seps.2020.100879.

WILSON, J. R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. *Australian Journal of Agriculture Research*, v.47, p.1075–1093, 1996. doi: 10.1071/AR9961075.

WILSON, J. R.; LUDLOW, M. M. Forages for Plantation Crops. Proceeding of a workshop, *Sanur Beach - The Plantation Crop Environment*. In ACIAR Proceedings, p.168, 1991. ISBN: 863200320.