

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

POTENCIAL PRODUTIVO DO CAPIM-PIATÃ E
DESEMPENHO DE NOVILHOS NELORE EM SISTEMAS
DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Acadêmica: Ruth Teles Barbosa

Aquidauana – MS
Janeiro/2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

POTENCIAL PRODUTIVO DO CAPIM-PIATÃ E
DESEMPENHO DE NOVILHOS NELORE EM SISTEMAS
DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Acadêmica: Ruth Teles Barbosa
Orientador: Roberto Giolo de Almeida
Coorientadora: Caroline Carvalho de Oliveira

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado – Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia”

Aquidauana – MS
Janeiro/2022

B211p Barbosa, Ruth Teles

Potencial produtivo do capim-piatã e desempenho de novilhos nelore em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta / Ruth Teles Barbosa. – Aquidauana, MS: UEMS, 2022.

77 p.

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Giolo de Almeida

1. Agroecossistema 2. Forragem 3. Sombreamento I. Almeida, Roberto Giolo de II. Título

CDD 23. ed. - 636.2

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL**

RUTH TELES BARBOSA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, como requisito para obtenção do grau de Mestra em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 28/01/2022.

Documento assinado digitalmente
 ROBERTO GIOLO DE ALMEIDA
Data: 28/04/2022 20:57:53-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Dr. Roberto Giolo de Almeida (Orientador)

Documento assinado digitalmente
 ROBERTO GIOLO DE ALMEIDA
Data: 28/04/2022 20:57:53-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Dr. Henrique Jorge Fernandes, UEMS
(via videoconferência)

Documento assinado digitalmente
 ROBERTO GIOLO DE ALMEIDA
Data: 28/04/2022 20:57:53-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Dr. Pedro Nelson Cesar do Amaral, UEMS
(via videoconferência)

EPIGRAFE

“Deus abençoa os que, pacientemente suportam a provação. No final, receberão a coroa da vida, que Deus prometeu aos que o amam”.

Tiago 1:12

“Tudo posso naquele que me fortalece”.

Filipenses 4:13

Ao meu grandioso Deus por toda honra e toda glória.
À minha família, em especial aos meus pais, Miguel Neves e Ramona Teles.
À minha avó Cleuza Pedrozo, e avô Ariston Teles (*in memoriam*).
E ao meu namorado Cezar Santos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por caminhar ao meu lado, me mostrar o caminho certo, dando forças e proteção para que eu conseguisse superar todos os obstáculos me fazendo seguir em frente e conseguir ter a oportunidade deste momento.

Agradeço à minha família (Pai, Mãe, Irmãos, Avós), pelo apoio incondicional durante toda a minha caminhada acadêmica, me proporcionando carinho, amor e inspiração. Que com seus exemplos e conselhos formaram os fundamentos do meu caráter, mostrando o caminho certo a ser seguido, fazendo com que eu me tornasse a pessoa que sou hoje. Obrigado por serem minha base, me dando força e coragem necessária para que eu tivesse a firmeza e a confiança para dar os meus passos e enfrentar com otimismo e garra as dificuldades impostas. Agradeço ao meu namorado Cezar, pelo companheirismo e incentivo sempre e acima de tudo, por acreditar na minha capacidade de enfrentar os desafios e superar as adversidades.

Aos professores que demonstraram dedicação e entusiasmo ao longo dessa caminhada e pelos conhecimentos transmitidos, principalmente ao Dr. Roberto Giolo de Almeida e a Dra. Caroline Carvalho de Oliveira, pela orientação, incentivo, dedicação, confiança e por sempre estarem dispostos a atenderem minhas necessidades e dúvidas, que com presteza auxiliaram nas atividades e discussões para conclusão deste trabalho. Meus sinceros agradecimentos pelo privilégio de poder conhecê-los e fazer parte do grupo.

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, pela oportunidade de fazer parte do corpo discente do programa de Pós-Graduação em Zootecnia. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa Institucional de Bolsas aos Alunos da UEMS (PIBAP), pela concessão da bolsa de estudos.

Agradeço à EMBRAPA Gado de Corte pelo estágio, apoio e a infraestrutura fornecida para elaboração do projeto. A todos os membros da instituição que auxiliaram na execução do projeto, especialmente ao Odivaldo e Paulino, aos colegas do grupo de pesquisa, Elizandra, Caroline, Nivaldo, Flávio, Taís e Gabriel pela ajuda, apoio e paciência durante as realizações das atividades e pelos bons momentos vividos.

Meu singelo e muito obrigado em especial a Elizandra Fialho, que além de colega de profissão é primeiramente amiga e a todos que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a elaboração, condução e conclusão deste trabalho. A todos que acreditam que a ousadia e o erro são caminhos para as grandes realizações.

Enfim é difícil, porém, não é impossível expressar em palavra a imensa gratidão pelas amizades feitas durante essa caminhada.

A TODOS VOCÊS, MEU SINCERO OBRIGADO!!!

SUMÁRIO

RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1. Breve histórico da produção sustentável.....	2
2.2. Sistemas de produção em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF).....	4
2.3. Componente forrageiro em sistemas integrados.....	6
2.3.1. Valor nutritivo de forragem em sistemas de ILPF.....	8
2.3.2. <i>Brachiaria brizantha</i> cv. BRS-Piatã.....	9
2.4. Componente arbóreo em sistemas integrados.....	10
2.5. Componente animal em sistemas integrados.....	12
2.6. Índices de conforto térmico.....	13
2.6.1. Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU).....	14
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
CAPÍTULO 2 - PRODUCTIVE POTENTIAL OF PIATÃ GRASS AND PERFORMANCE OF NELLORE STEERS UNDER INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS.....	25
ABSTRACT.....	25
1. INTRODUCTION.....	26
2. MATERIALS AND METHODS.....	28
2.1. Location of the experimental area.....	28
2.2. Microclimate assessment.....	29

2.3. Forage component evaluation.....	30
2.4. Evaluation of animal performance.....	32
2.5. System Efficiency Index.....	33
2.6. Experimental design and statistical analysis.....	34
3. RESULTS.....	35
3.1. Microclimate.....	35
3.2. Forage production.....	37
3.3. Nutritive value of forage.....	40
3.4. Animal performance.....	42
4. DISCUSSIONS.....	44
5. CONCLUSIONS.....	50
REFERENCES.....	50
CAPÍTULO 3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS

AFE	Área foliar específica
CCN	Carne Carbono Neutro
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
cm	Centímetro
DAP/DBH	Diâmetro à altura do peito/Diameter at breast height
DF	Densidade volumétrica de folhas
DIVMO	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica/Digestibility <i>in vitro</i> of organic matter
DIVMS	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN/NDF	Fibra em detergente neutro/Neutral detergent fiber
GMD/ADG	Ganho de peso médio diário/Average daily gain
GPA	Ganho de peso por área/Gain per area
ha	Hectare
IAF	Índice de área foliar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ILF	Integração Lavoura-Floresta
ILP/ICL	Integração Lavoura-Pecuária/Integrated crop-livestock
ILPF/ICLF	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta/Integrated crop-livestock-forestry
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPF	Integração Pecuária-Floresta
IRC	Índice relativo de clorofila
ITGU/BGHI	Índice de temperatura de globo negro e umidade/Black globe humidity index
MO	Matéria orgânica
MS	Massa seca
N	Nitrogênio
NIRS	Sistema de espectroscopia de reflectância de luz infravermelho
PB/CP	Proteína bruta/Crud protein

PIB	Produto interno bruto
RFA/PAR	Radiação fotossinteticamente ativa/Photosynthetically active radiation
SB	Sistema Barreirão
SIPA	Sistemas integrados de produção agropecuária
SPD	Sistema de plantio direto
SSB	Sistema Santa Brígida
SSF	Sistema Santa Fé
SSM	Sistema São Mateus
TA	Temperatura do ar
TBS	Temperatura de bulbo seco
TBU/WBT	Temperatura de bulbo úmido/Wet bulb temperature
TCS	Temperatura crítica superior
TEC	Tonelada equivalente carcaça
TGN/BGT	Temperatura de globo negro/Black globe temperature
TL/SR	Taxa de lotação/Stocking rate
TPO	Temperatura de ponto de orvalho
TRM	Temperatura radiante média
UA/AU	Unidade animal/Animal unit
UET	Índice de uso eficiente da terra/Efficient land use index
UR/RH	Umidade relativa do ar/Relative humidity
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Localização da Zona Climática Intertropical.....	12
---	----

CAPÍTULO 2

Figure 1. Climatic variables, rainfall (mm), maximum air temperature (Tmax, in °C), minimum air temperature (Tmín, in °C) and relative humidity (RH, in %) from the surroundings of the experimental area, data from December 2020 to May 2021	29
Figure 2. Schematic of microclimate sampling points.....	30
Figure 3. Scheme of sampling points for forage evaluation.....	31

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Table 1. Average values of black globe temperature (BGT) and black globe humidity index (BGHI), in integrated crop-livestock (ICL) and crop-livestock-forestry systems, ICLF-22 with density of 113 trees and ICLF-28 with 89 trees ha ⁻¹ , during the Summer (2020) and Autumn (2021), in the Cerrado region in Campo Grande-MS.....	36
Table 2. Characteristics of the pasture of <i>Brachiaria brizantha</i> cv. BRS Piatã (canopy height, soil cover, total biomass, volumetric density, leaf percentage, stem percentage, leaf: stem ratio, photosynthetically active radiation, PAR) in integrated crop-livestock (ICL) and crop-livestock-forestry systems (ICLF), with a density of 113 and 89 trees ha ⁻¹ , during the summer and autumn in the Cerrado region in Campo Grande-MS, in 2020 and 2021.....	39
Table 3. Nutritive value of leaf blade and stem <i>Brachiaria brizantha</i> cv. BRS Piatã, under integrated crop-livestock (ICL) and crop-livestock-forestry systems (ICLF) with tree density of 113 and 89 trees ha ⁻¹ , in Summer and Autumn in the Cerrado region in Campo Grande-MS, in 2020 e 2021.....	41
Table 4. Animal performance under integrated crop-livestock (ICL) and crop-livestock-forestry systems, ICLF-22 with 113 trees ha ⁻¹ e ICLF-28 with 89 trees ha ⁻¹ , in Summer and Autumn in the Cerrado region in Campo Grande - MS, in 2020 e 2021.....	43

RESUMO

O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), é um modelo de exploração sustentável, que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, em uma mesma área, seja em consórcio, sucessão ou rotação, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema. Objetivou-se avaliar as características produtivas e valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã e o desempenho de novilhos da raça Nelore em sistemas de integração com diferentes densidades de árvores, no Cerrado brasileiro. O experimento foi conduzido na Embrapa Gado de Corte, Campo Grande-MS, em área experimental de 18 hectares, dividida em 12 piquetes, com três sistemas de integração: integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF-28), com 89 árvores ha⁻¹ e distância entre linhas simples de árvores de 28 metros e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF-22), com 113 árvores ha⁻¹ e distância entre linhas simples de árvores de 22 metros. A forrageira foi amostrada em três pontos dispostos em dois transectos. Após o corte o material foi pesado e separado morfológicamente para determinação da produção. As frações separadas foram secas e moídas para quantificação do valor nutritivo por meio de espectroscopia de reflectância de luz próximo do infravermelho. Poderia ser observado que os animais permaneciam em um sistema de lotação contínua. As variáveis mensuradas foram ganho de peso médio diário (GMD), taxa de lotação (TL) e ganho de peso por área (GPA). O microclima foi determinado por meio da temperatura do globo negro (Tgn) e o conforto térmico por meio do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU). Os sistemas que forneceram o sombreamento decorrente do componente arbóreo proporcionaram melhorias na qualidade da forragem, no entanto, não foram capazes de sustentarem ganhos por área e taxas de lotação semelhantes ao sistema ILP.

Palavras-chave: Agroecossistema, forragem, ganho médio diário, sombreamento, sustentável

ABSTRACT

The crop-livestock-forest integration systems (ICLF) is a sustainable exploitation model that integrates agricultural, livestock and forestry activities in the same area, whether in consortium, succession or rotation, seeking synergistic effects between the components of the agroecosystem. The objective of this study was to evaluate the productive characteristics and nutritional value of *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã and the performance of Nelore heifers in integration systems with different tree densities, in the Brazilian Cerrado. The experiment was conducted at Embrapa Beef Cattle, Campo Grande-MS, in an experimental area of 18 hectares, divided into 12 paddocks, with three integration systems: crop-livestock integration (ICL), crop-livestock-forest integration (ICLF-28), with 89 trees ha⁻¹ and distance between simple tree lines of 28 meters, and crop-livestock-forest integration (ICLF-22), with 113 trees ha⁻¹ and distance between simple tree lines of 22 meters. Forage was sampled at three points arranged in two transects. After cutting, the material was weighed and morphologically separated to determine production. The fractions were dried and ground to quantify the nutritional value by means of near infrared light reflectance spectroscopy. For performance evaluation, two test animals remained in the systems and regulator animals were added according to the forage carrying capacity at the time of weighing. The variables measured were average daily weight gain (ADG), stocking rate (SR) and weight gain per area (GPA). The microclimate was determined by means of the black globe temperature (BGT) and thermal comfort through the black globe temperature and humidity index (BGHI). Shaded systems resulting from the presence of the forest component provided improvements in forage quality, however, they were not able to sustain gains per area and stocking rates similar to the ICL system.

Keywords: Agroecosystem, average daily gain, forage, shading, sustainable

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), para Agricultura e Alimentação, a população mundial deverá atingir cerca de 10 bilhões de pessoas até 2050. Em paralelo ao crescimento populacional, há uma perspectiva de aumento entre 35-50% na demanda por produtos agrícolas entre os anos de 2012 e 2050, pressionando o uso dos recursos ambientais no mundo (FAO, 2019).

Com crescimento recorde em 2020, o produto interno bruto (PIB) do agronegócio brasileiro alcançou saldo positivo, destacando ainda, no primeiro trimestre de 2021, significativo aumento de aproximadamente 5,35%. Nessa perspectiva, nota-se que o excelente resultado para o agronegócio refletiu em alta para o PIB do ramo agrícola, cerca de (7,99%), tendo em vista que neste mesmo período, o PIB do ramo pecuário teve queda de (1,96%), resultante da escassez de bovinos prontos para o abate, e o aumento nos custos dos insumos destinados para as cadeias pecuárias (CEPEA, 2021).

De acordo com o IBGE (2019), o Brasil continua no ranking com o segundo maior rebanho bovino do mundo, sendo o principal exportador e o segundo maior produtor de carne. A pecuária é uma das atividades mais importantes do Brasil, devido as condições singulares à produção animal, no qual a principal fonte de alimento do bovino é feita exclusivamente a base de pastagens (XIMENES, 2021), cerca de 95% da sua totalidade. Por ser uma fonte economicamente viável, reflete fundamentalmente na qualidade da carne produzida no país. Isso envolve não apenas melhorias econômicas, mas, reflete também na preferência do consumidor que busca por modelos de produções que proporcionem melhor bem-estar para os animais (PEDREIRA et al., 2014).

Concomitante a produção de bovinos, o desenvolvimento sustentável é uns dos paradigmas mais discutidos atualmente. Motivados pelas séries de ataques direcionados ao desmatamento, destruição dos biomas, degradação ambiental, e pelos gases de efeito estufa emitidos pelos animais, faz com que a imagem da cadeia produtiva da carne bovina frente ao consumidor interno e externo piore. Segundo Kluthcouski & Cordeiro (2018), em decorrência do elevado consumo de produtos alimentícios, houve uma modernização no setor

agropecuário, contribuindo para o surgimento de sistemas de produções padronizados. Contudo, a ampliação da fronteira agropecuária, juntamente com o impulsionamento da utilização do solo, irrigação e uso de defensivos agrícolas, os serviços pecuários, agrícolas e florestais passaram a serem executados de maneira livre, excessiva e dissociada (BALBINO et al., 2012).

De acordo com Rodrigues et al. (2019), em âmbito mundial, é nítido observar os impactos econômicos, sociais e ambientais ocasionados pela atual conjuntura da degradação ambiental. Por este motivo, há uma incessante busca por práticas de manejos racionais e pesquisas que promovam a sustentabilidade, com adoções de práticas de produções economicamente eficientes.

Neste contexto, o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), tornou-se uma alternativa capaz de otimizar o uso das áreas degradadas, combinando cultivos agrícolas, pecuários e arbóreos, de forma simultânea e/ou sequencial, gerando benefícios como aumento de matéria orgânica, sequestro de carbono pelo solo, melhoria das condições microclimáticas e do bem-estar animal, além de atender à demanda da população por produtos mais sustentáveis.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo geral avaliar as características produtivas e valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã e o desempenho de novilhos da raça Nelore em sistemas de integração com diferentes densidades de árvores, no Cerrado brasileiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. BREVE HISTÓRICO DA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL

Segundo Carvalho et al. (2014), os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA), não é considerado um sistema da atualidade. Registro históricos relatam que os primeiros sistemas agrários da história da humanidade surgiram em decorrência da revolução agrícola neolítica, e nessa época o conceito de integração entre os cultivos com a exploração animal já existiam.

Os primeiros registros dessa integração aconteceram em 9000 a.C., na cidade de Jericó. Na Bíblia em (Gen. 4) relata que Cain tinha como responsabilidade o cultivo de grãos, enquanto Abel era responsável por cuidar dos animais. Seus desentendimentos ilustrariam, desde aquela época, a difícil

relação entre o componente animal e agrícola, cultivados em um mesmo sistema de produção (KEULEN & SCHIERE, 2004). No Brasil, os primeiros registros históricos de integração da agricultura com a pecuária voltada à produção de alimentos se deram nos séculos XVII e XVIII. Nessa época o componente animal era integrado com cultivos de mandioca e fumo, com finalidade de fornecer fonte de adubo por meio de seus dejetos e enriquecer o solo para a cultura subsequente (CARVALHO et al., 2014).

Ainda de acordo com o autor, na década de 1970, uma das grandes evoluções dos SIPAs nacionalmente conhecida, foi a criação de tecnologias para uso em sistema de plantio direto (SPD), onde o grande desafio era adaptar a produção pecuária com as práticas conservacionistas, para reverter situação de degradabilidade dos solos. Diante deste cenário, diversas pesquisas incentivaram o uso de sistemas de produção mais sustentáveis, elevando a produtividade vegetal e animal de forma mútua e principalmente preservando os recursos ambientais (EMBRAPA, 2019).

Deste modo, com a imprescindibilidade de desenvolver tecnologias voltadas para recuperação e a intensificação das pastagens, a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), criou alguns sistemas voltados a integração lavoura-pecuária (ILP), como por exemplo os Sistemas Barreirão (SB), Santa Fé (SSF), Santa Brígida (SSB), São Mateus (SSM), dentre outros (ALMEIDA et al., 2019b).

Desenvolvido em 1980 pela Embrapa Arroz e Feijão, o Sistema Barreirão, é um exemplo composto por um conjunto de métodos e práticas que visam recuperar ou reformar imensas áreas degradadas ou improdutivas no Brasil Central. No qual eram embasadas principalmente na consorciação da cultura do arroz com pastagem (KLUTHCOUSKI et al., 1991 citado por BALBINO et al., 2012).

Posteriormente, na década de 1990 uma nova tecnologia de renovação de pastagem foi desenvolvida, denominado Sistema Santa Fé. O sistema é fundamentado na produção consorciada de culturas graníferas, como o milheto, milho, arroz e o sorgo, com as principais forrageiras tropicais, principalmente do gênero *Urochloa* (*Syn. Brachiaria*) e *Megathyrsus* (*Syn. Panicum*), (ALVARENGA, 2004). De acordo com Balbino et al. (2012) e Gontijo Neto et al. (2018b), os principais motivos desse consórcio era a obtenção de forrageira e/ou

grãos para entressafra e, principalmente, a disponibilidade de palhada em qualidade e quantidade para uso em sistema de plantio direto.

Gontijo Neto et al. (2018a), mencionam que em decorrência da adoção do SPD à um aumento gradativo do teor de matéria orgânica (MO), que contribui para a vida microbiana na camada superficial do solo. Nessa condição, ocorre uma alteração na dinâmica de alguns nutrientes, em especial o nitrogênio (N), que se torna menos disponível para as plantas, em determinado período, em decorrência da imobilização. Com o aporte para o aumento do nitrogênio no solo, através da fixação biológica de nitrogênio atmosférico, surgiu então o Sistema Santa Brígida, criado em meados da década de 2000 (OLIVEIRA et al., 2010). O sistema consiste na inserção de culturas como fontes de adubos verdes no sistema produtivo, principalmente o guandu-anão consorciado com o milho, permitindo-se melhoria na qualidade das consorciações e principalmente à diversificação de palhadas ofertadas para o SPD.

Já o Sistema São Mateus, desenvolvido principalmente para regiões com pouca distribuição de chuvas e com solos mais arenosos, ficou amplamente conhecido por visar a antecipação da correção do solo, através da renovação ou recuperação da pastagem, para cultivo subsequente da cultura da soja em SPD, amortizando todo custo de implantação e diversificando as atividades, diluindo os riscos e ampliando a renda da propriedade (SALTON et al., 2013; GONTIJO NETO et al., 2018a).

2.2. SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)

Atualmente, em decorrência do crescimento pela demanda internacional por produtos agropecuários e a maior preocupação com o esgotamento dos recursos naturais, vem sendo amplamente discutidas as questões relacionadas aos impactos ambientais causados pelos sistemas produtivos. Cada vez mais, são requeridas informações sobre tecnologias que permitam uma melhor eficiência de uso da terra, reduzindo os impactos negativos da atividade agropecuária (ALMEIDA et al., 2019b). Isso evidencia a necessidade de compreensão do conceito de sustentabilidade e sua implicação em determinadas condições de produção (ABRÃO et al., 2016).

Nesse contexto, locais em que os recursos naturais e a agricultura estão

sofrendo com a crescente pressão, se torna indispensável a implantação de práticas sustentáveis, para contornar e corrigir os desequilíbrios impostos pelos sistemas simplificados e padronizados que não priorizam o conservacionismo (PEDREIRA et al., 2018). Assim, é importante que diferentes modalidades e sistemas sejam planejados levando em consideração os recursos já disponíveis na fronteira agrícola, contribuindo significativamente para uma agricultura dentro dos preceitos da sustentabilidade (BALBINO et al., 2012).

Diante disso, o sistema que tem-se destacado é o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), que consiste em um modelo de exploração agrícola no mesmo espaço e/ou tempo em uma mesma área da propriedade que incorpora componentes agrícolas, pecuários e florestais, seja em consorciação, sucessão ou em rotação de culturas, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema (BALBINO et al., 2011, 2012, 2019).

Segundo Gontijo Neto et al. (2014), os benefícios fundamentados do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta é a promoção de melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, otimização e intensificação da reciclagem de nutrientes e utilização do solo, redução financeira, redução na abertura de áreas, diversificação e estabilidade financeira do produtor rural, melhoria no bem-estar animal devido ao maior conforto térmico e a recuperação de áreas degradadas.

De acordo com Wruck et al. (2019), o ILPF contempla quatro modalidades distintas de sistemas de produções integradas, nos quais são identificadas através de seus arranjos e modelos espaciais, ajustados às diferentes condições sociais, culturais e econômicas de quem as utilizam.

Segundo Balbino et al. (2011), mencionado por Kichel et al. (2014), os sistemas de integrações são definidos, basicamente em:

- Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou Agropastoril: sistema de produção no qual integra componentes agrícolas e pecuários em consórcio, rotação ou sucessão, numa mesma área durante o mesmo ano agrícola ou múltiplos anos, em uma sequência ou intercalados. Possibilita que o solo seja explorado de forma econômica durante o ano, permitindo o aumento de oferta de carne, leite, grãos, com custos reduzidos, promovido pela sinergia entre os componentes.

- Integração Pecuária-Floresta (IPF) ou Silvipastoril: sistema de produção no qual integra componentes pecuários (animal e pastagem), juntamente com o componente arbóreo, em consórcio. É um sistema de produção destinados para áreas que possuem dificuldade na implantação de lavouras.
- Integração Lavoura-Floresta (ILF) ou Silviagrícola: sistema de produção no qual integra componentes arbóreos e agrícolas através da consorciação de espécies florestais com culturas agrícolas anuais ou perenes.
- Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) ou Sistema Agrossilvipastoril: sistema de produção no qual integra componentes agrícolas e pecuários com a inclusão dos componentes arbóreos numa mesma área, em consórcio, rotação ou sucessão. A lavoura é utilizada normalmente na fase inicial de implantação do componente florestal ou em ciclos, durante o desenvolvimento do sistema. O componente pecuário, em via de regra, é introduzido no sistema em substituição do componente agrícola.

Ferreira et al. (2012), relatam que nesse sistema de integração, a estratégia de rotacionar lavoura-pasto com o componente arbóreo, quando submetidos a um manejo adequado, é fornecer melhorias representativas de ordem socioeconômica, agrônômica, zootécnica e ambiental. Os autores citam que o Brasil possui alta potencialidade para aumentar a implantação desses modelos produtivos, principalmente nas mediações do Brasil-Central, que possuem grandes extensões de áreas no qual as pastagens encontram-se em algum nível de degradação.

Entretanto, para o sucesso do sistema agrossilvipastoril, um dos requisitos é a escolha acertada das espécies do sistema (ANDRADE et al., 2004). Pelo fato de complementarem cultivos de diversos componentes numa mesma área, são requeridas diversas estratégias de manejos que permitam análise da dinâmica de cada componente e suas inter-relações. Desta forma, todas as análises são interpretadas como fatores conjuntos e não isolados, de modo que seja extremamente importante conhecer e compreender as características que cada componente exerce sobre o outro, buscando potencializar a produtividade no sistema (CARVALHO et al., 2011).

2.3. COMPONENTE FORRAGEIRO EM SISTEMAS INTEGRADOS

O Brasil tem aproximadamente 180 milhões de hectares de pastagens, sendo que o gênero *Brachiaria* ocupa cerca de 85% dessa área. O sucesso do cultivo dessas forrageiras se deve a seu fácil estabelecimento, além da adaptabilidade a diversos sistemas de produção e condições climáticas (MARTUSCELLO et al., 2009). De modo geral, é importante mencionar que algumas cultivares de forrageiras tem apresentado desempenho produtivo satisfatório, ainda assim, é ininterrupta a busca de conhecimentos sobre a morfogênese e interações da gramínea em ambiente sombreados, visando cada vez mais possibilitar um manejo mais eficiente das forrageiras (ALMEIDA et al., 2012, 2016).

Gontijo Neto et al. (2014), mencionam que durante a escolha da espécie forrageira é importante atentar-se ao seu bom crescimento, elevado valor nutricional, capacidade de perfilhamento, e sobretudo, sua tolerância em condições de sombreamento. Dentre as espécies de gramíneas que possuem certa tolerância ao sombreamento estão algumas das mais utilizadas para formação de pastagem no país, tais como: *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Brachiaria brizantha* cvs. Xaraés, Marandu e Piatã, *Brachiaria ruziziensis*, *Panicum maximum* cvs. Massai, Tanzânia e Vencedor (SOARES et al., 2016; ALMEIDA et al., 2019a).

Vale destacar, que o crescimento das espécies forrageiras é definido com base na sua atividade fotossintética, que é acumulada diariamente em decorrência dos recursos ambientais disponíveis no sistema. Quando expostas ao sombreamento, a taxa de crescimento é imediatamente restringida em função da limitação de luminosidade exigida para os processos fotossintéticos (ALMEIDA et al., 2019a).

Paciullo et al. (2007, 2008), relatam que em condições de baixas luminosidades ocorrem mudanças morfológicas na estrutura do dossel forrageiro, influenciando no aumento da interceptação de luz com menor índice de área foliar (IAF), em consequência de o aumento da área foliar específica (AFE). E em geral, a produção forrageira decresce com o aumento gradativo do sombreamento, contudo, algumas espécies têm-se mostrado eficientes, obtendo maiores rendimentos em condições com sombreamento moderado (CARVALHO, 2001).

2.3.1. VALOR NUTRITIVO DE FORRAGEM EM SISTEMAS DE ILPF

Em sistemas com a presença do componente florestal, o sombreamento pode alterar o desenvolvimento fisiológico e morfologia da espécie forrageira, tendo em vista que, nesta condição, as forrageiras irão priorizar o desenvolvimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular e retardar o início do florescimento. Todavia, quando submetidas ao sombreamento, as gramíneas forrageiras tendem a apresentar melhor valor nutricional, elevado teor de proteína bruta (PB) e melhor digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). (ALMEIDA et al., 2012, 2019b).

Nesses sistemas, o nível de radiação que chega ao estrato forrageiro é muito dinâmico, e à medida que as forrageiras vão se desenvolvendo a uma elevação da interceptação luminosa pelo seu dossel, no qual acarreta modificações que alteram a produtividade e valor nututivo das plantas forrageiras, e conseqüentemente o desempenho animal em pastejo (BARUCH e GUENNI, 2007).

Paciullo et al. (2016), confirmam que independentemente da espécie utilizada, não se deve esperar elevados níveis de produção forrageira em sistemas de produção submetidos a intenso nível de sombreamento. Além do mais, nessas condições, pode ou não haver aumento nos teores de nutrientes dessas forrageiras quando comparadas ao cultivo em pleno sol. Todavia, os conteúdos de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA), podem sofrer variações devido as interações com os níveis de sombreamento, pelas práticas de manejo adotado e o estágio de maturação da planta forrageira (PACIULLO et al., 2011). Almeida et al. (2019a), citam que teores reduzidos de FDN e FDA são justificados pela redução da disponibilidade de fotoassimilados, visto que esse componente é direcionado para o aumento da capacidade fotossintética da planta.

Oliveira et al. (2014), avaliando os níveis de proteína bruta de amostras de forragens de *B. brizantha* cultivar piatã, durante a época da seca em uma área de ILP (pleno sol) e de ILPF com dois arranjos de árvores de Eucalipto (227 e 357 árvores ha⁻¹), observaram que nas áreas sombreadas houve um acréscimo de mais de 30% nos níveis de PB das lâminas foliares das forrageiras em relação àquelas cultivadas em pleno sol. Além disso, os autores observaram que no sistema com maior sombreamento, não houve expressiva variação nos teores

de PB ao longo das estações do ano.

Pereira (2017), na mesma unidade experimental, relatou que os eucaliptos com altura de 25 a 27 m já proporcionavam 63% de sombreamento dentro do sistema. Nesta condição, o sistema de ILP apresentou maior produção de forragem, quando comparado com os sistemas ILPF. Ambos os sistemas apresentaram acréscimos de 9,7% e 13,1% nos teores de PB, a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), apresentou em torno de 61,7% e 69,1%, e redução no FDA de 31,9% e 30,7% e no FDN de 69,2% e 67,1%. O autor menciona que independentemente do sistema ILPF ter apresentado melhor valor nutritivo da espécie forrageira não foi o suficiente para que o mesmo proporcionasse maiores ganhos individuais quando comparado ao sistema ILP. Concluindo que o sistema ILP, é mais eficiente em produção de forragem, e conseqüentemente, garante maior produção animal por área.

2.3.2. BRACHIARIA BRIZANTHA CV. BRS PIATÃ

O gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) da espécie *brizantha* cultivar BRS Piatã foi lançada pela Embrapa Gado de Corte e parceiros em 2007, após 16 anos de estudos (VALLE et al., 2007). É uma planta perene, com hábito de crescimento cespitoso, podendo atingir cerca de 0,85 m à 1,10 m de altura. Apresenta lâmina foliar em formato linear, com textura áspera na face superior, com aproximadamente 45 cm de comprimento com bordas serrilhadas, seus colmos ramificados são verdes e finos com bainhas pilosas de coloração clara. É uma forrageira que pode ser amplamente cultivada no país, desde que sejam produzidas em condições adequadas de chuvas e invernos menos rigorosos. Além disso, é exigente em solos de média e alta fertilidade (JACK et al., 2013 citado por MARTINS, 2018).

O capim-piatã é uma espécie robusta com boa qualidade nutricional, alta produtividade, elevada taxa de crescimento e abundância de massa quando submetida ao pastejo (VALLE et al., 2007). Por possuir um florescimento precoce necessita de um acompanhamento rigoroso durante o manejo, evitando possível deterioração da estrutura do dossel forrageiro ocasionada pela redução da relação folha/colmo, aumento no número de perfilho aéreo e possível acamamento do pasto (BARROS, 2016).

O sucesso do manejo de qualquer pastagem depende de muitos fatores, mas, um dos primordiais é sempre respeitar a altura de pastejo recomendada para cada espécie/cultivar, permitindo maior acúmulo de reservas e favorecer a rebrotação. Nantes et al. (2013), concluíram que o cv. BRS Piatã possui grande flexibilidade em pastejo sob lotação contínua e pode ser manejado com altura de dossel entre 15 e 30 cm, sem trazer prejuízo para a produção animal.

2.4. COMPONENTE ARBÓREO EM SISTEMAS INTEGRADOS

O componente arbóreo em sistemas agrossilvipastoris, além de contribuir na geração de renda da propriedade a longo prazo, pode desempenhar inúmeras funções, tais como, produção de madeira, sementes, frutos, resina, látex e, também, incrementar a diversidade do sistema com a reciclagem de nutrientes que encontram-se nas regiões mais profundas, tornando-se indisponíveis para utilização pelas culturas anuais. Além, de atuar com quebra-vento o componente arbóreo favorece a proteção do solo, cria um microclima favorável para manutenção da umidade relativa dentro da área, beneficia a produção animal com maior conforto e, conseqüentemente, melhora o desempenho animal (GONTIJO NETO et al., 2014; ALMEIDA et al., 2019a).

Todavia, para escolha desse componente, deve-se levar em conta alguns aspectos relacionados a espécie, como: crescimento inicial rápido, ausência de efeitos alelopáticos, toxidez e boa arquitetura da copa, preferencialmente menos densa, permitindo melhor passagem de luz, suficiente para o desenvolvimento das espécies no sub-bosque, dentre outros (ARANHA et al., 2016; BARROS, 2016).

A espécie arbórea com maior destaque em sistemas integrados é o eucalipto. De acordo com Santarosa et al. (2014), o gênero *Eucalyptus* é originário da Austrália e da Indonésia, sendo introduzido no Brasil em meados de 1825. Seu grande impulso para fins comerciais teve início no século XX e, até hoje, espécies deste gênero florestal são destinadas à produção de celulose, madeira, tecidos sintéticos, entre outros. São mais de 730 espécies descritas no mundo, porém, não mais que 20 espécies são utilizadas (BEHLING NETO, 2012; SANTAROSA et al., 2014; PAULA, 2017).

O *Eucalyptus urograndis* é um híbrido desenvolvido no Brasil, por meio do cruzamento de *E. grandis*, com *E. urophylla*, sendo considerado o híbrido mais

plantado atualmente na região central do país. O principal objetivo do cruzamento é a obtenção de plantas com bom crescimento, característica essa do *E. grandis*, e aumento da densidade de madeira, melhoria no rendimento, rusticidade e resistência ao déficit hídrico, características típicas do *E. urophylla* (BEHLING NETO, 2012; COELHO JÚNIOR, 2015).

Recentemente em um levantamento sobre os materiais genéticos mais utilizados pela Embrapa e seus parceiros nas regiões Centro-Oeste e Norte, para uso em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, observou-se que os clones comerciais do *E. urophylla* por mais que tenham sido originalmente selecionados para uso em monocultivos tem apresentado grande predominância em sistema de integração em quase todo território brasileiro, principalmente devido sua adequação às condições climáticas típicas do Cerrado (REIS et al., 2021).

Os arranjos espaciais das plantas entre renques (linhas simples ou múltiplas) em sistemas integrados são modulados previamente com base no perfil e finalidade da propriedade rural. Os números de árvores plantadas variam em relação as atividades desejadas, sendo necessário a realização de desbastes quando as mesmas apresentarem competição entre si. Considerando que o produtor deseja como produto principal a carne, é recomendado o uso de espaçamentos mais vastos entre os renques, para reduzir o sombreamento nas linhas de plantios. Mas, caso o foco seja preconizar a produção de madeira (escoras, lenhas, estacas ou mourões e carvão) os espaçamentos das árvores serão mais adensados (ALVARENGA et al., 2012).

O arranjo florestal varia muito em relação aos seguintes fatores: espécie forrageira, espécie arbóreas, estratégia de implementação e o manejo adotado no sistema. O importante é que o sistema favoreça o aumento da forragem em qualidade e quantidade adequada, durante todo ciclo do sistema (MATOS et al., 2019) e permita o acesso de maquinários e implementos, projetando o favorecimento do manejo animal e a colheita futura do componente arbóreo.

Além das inúmeras vantagens reconhecidas do eucalipto, em termo de produção em sistemas de ILPF, são atribuídas diversas novas oportunidades para sua utilização. Neste sentido, uma dessas oportunidades está ligado com o avanço no desenvolvimento e certificação de protocolos dentro do conceito produtivo “Carne Carbono Neutro” ou (CCN). A Carne Carbono Neutro, é oriunda

de animais produzidos em sistemas que contemplam o componente arbóreo, principal contribuinte para o sequestro de carbono, promovendo a neutralização das emissões de metano entérico produzidos pelos animais (REIS et al., 2021).

2.5. COMPONENTE ANIMAL EM SISTEMAS INTEGRADOS

Grande parte das áreas de pastagens, do Brasil Central, encontram-se na zona intertropical (Figura 1), sob condições com elevada incidência de radiação solar durante quase todo o ano (ALVES, 2012).

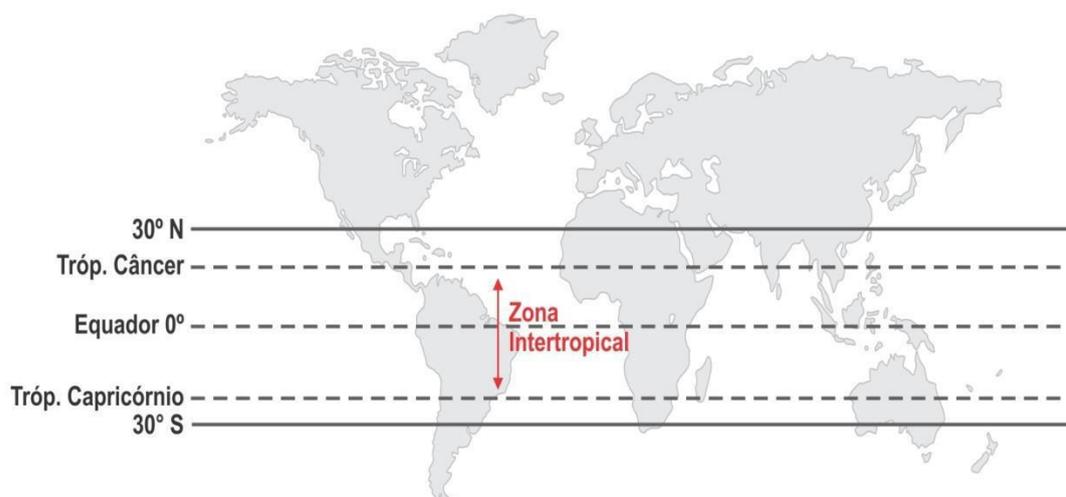


Figura 1. Localização da Zona Climática intertropical. Fonte: Alves (2012).

Nessas condições tropicais, devido as elevadas temperaturas o consumo dos animais é diretamente afetado, como forma estratégica durante o estresse térmico os bovinos reduzem a produção de calor metabólico diminuindo a ingestão de alimentos. Por sua vez, esse estresse pode influenciar na diminuição do ganho de peso, e afetar o desempenho animal (ARANHA et al., 2019).

É importante mencionar, que a zona de conforto térmico é caracterizada pela faixa de temperatura ambiente no qual os animais não precisam utilizar nenhuns mecanismos de termorregulação. As raças zebuínas são as mais tolerantes ao calor e a outras condições de estresses. Sua zona de conforto térmico é de aproximadamente 10°C e 27°C, pelo fato de o país apresentar temperaturas bem acima dessa zona de conforto, os bovinos priorizam lugares sombreados para pastejar (KICHEL et al., 2014).

Neste contexto, os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta

quando bem planejados, geram melhorias acentuadas sobre o desempenho produtivo, reprodutivo e bem-estar animal (PEDREIRA, 2013). Isso ocorre porque a sombra das árvores presentes no sistema bloqueia a radiação solar, diminuindo sua intensidade luminosa, contribuindo consideravelmente nas mudanças do microclima, como a velocidade do vento, a vaporização, temperatura e a umidade do ar, e, conforme a espécie arbórea componente do sistema, acarreta até na proteção de frios intensos. Cabe ressaltar que essa fração de radiação, é denominada de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), seu fluxo de fótons corresponde a faixa de 400 a 700 nm do espectro solar, e é considerada a principal responsável pelo balanço da temperatura e da umidade relativa do ar (ALVES et al., 2019).

Gamarra et al. (2017), avaliando o efeito de três sistemas de integração, sendo dois ILPF com arranjos de (357 e 227 árvores de eucalipto ha⁻¹) e um sistema de ILP (controle), sob avaliações de desempenho animal de bovinos da raça nelore, observaram que realmente ocorre uma redução da forragem em locais com maiores taxas de sombreamento em relação ao sistema controle que é isento do componente florestal. De acordo com os autores, o sistema de ILP e ILPF (227 árvores ha⁻¹), apresentaram maiores valores de peso vivo, nas estações de verão e outono, devido os sistemas possuírem melhores rendimento da espécie forrageira. Todavia, na estação de inverno, os três sistemas apresentaram um desempenho semelhante, visto que normalmente essa estação é caracterizada pela baixa pluviosidade.

Diante desse cenário, a arborização desses sistemas é uma alternativa muito recomendada, pois, além de diminuir as condições climáticas, proporciona melhor conforto térmico aos animais, gerando uma manutenção eficaz para a cadeia produtiva da pecuária (PEDREIRA, 2013).

2.6. ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

O estresse térmico é definido como um ambiente que atua na temperatura corporal do animal, e ultrapassa sua zona de adaptação. Nos casos em que a faixa de temperatura do animal é considerada excelente e ocorre o mínimo de gasto de energia para conservar a sua termorregulação dizemos que o animal se encontra em sua zona de conforto (SANTOS & CABRAL, 2021).

O efeito dos fatores climáticos no ambiente afeta diretamente o

desempenho animal, principalmente em regiões tropicais e subtropicais. Conhecer as relações funcionais da alta temperatura e umidade relativa do ar, elevada incidência de radiação solar e baixa velocidade do vento entre o ambiente e o animal, permite adotar técnicas que elevam a eficiência da exploração pecuária, reduzindo o estresse térmico e melhorando a eficiência da perda de calor (MARCHETO et al., 2002; PIMENTA, 2016).

2.6.1. ÍNDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO E UMIDADE (ITGU)

Devido as condições climáticas dos países tropicais, a radiação tem grande importância sobre sua influência nos animais, com isso Buffington et al. (1981), desenvolveram o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), usando a temperatura de globo negro (tgn), em substituição à temperatura de bulbo seco e a temperatura de ponto de orvalho. É expresso pela seguinte equação:

$$ITGU = tgn + 0,36t_{po} - 330,08$$

Onde:

Tgn = temperatura de globo negro (°C);

t_{po} = temperatura de ponto de orvalho (°C);

A temperatura do globo negro é obtida através da utilização de uma esfera oca, de cor preta, onde no seu interior é colocado um sensor de temperatura. Essa temperatura de globo negro é obtida pela estimativa dos efeitos combinados da energia radiante, velocidade e temperatura do ar, no qual pode estimar uma medida de conforto térmico de um ambiente (KARVATTE JÚNIOR, 2014).

De acordo com Baccari Júnior (1998), esse índice é um excelente indicador do conforto térmico para os animais sob condições de extremo calor. Aranha et al. (2019), mencionam que índices de ITGU menores que 74 é considerado condições de conforto, de 79 a 84 significa situação de perigo, e valores acima de 84, indicam estado de emergência.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRÃO, F. O.; FERNANDES, B. C.; PESSOA, M. S. Produção sustentável na bovinocultura: princípios e possibilidades. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 6, n. 4, p. 61-73, 2016.

ALMEIDA, E. M.; ALMEIDA, R. G.; MIYAGI, E. S.; FREITAS, P. V. D. X.; RIBEIRO, F. M.; FERNANDES, P. B.; GARCIA, E. C. Sistemas silvipastoris: uma abordagem sobre a interação dos componentes bióticos e abióticos. **Revista Científica Rural**, Bagé, RS, v. 21, n. 2, 2019a.

ALMEIDA, R. G.; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2019b. p. 379-388.

ALMEIDA, R. G.; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. (ed.). Brasília, DF: EMBRAPA, p. 88-94, 2012.

ALMEIDA, R. G.; PACIULLO, D. S. C.; MONTEIRO, R. A. C.; CASTRO, C. R. T.; MONTAGNER, D. B.; PEDREIRA, B. C. Manejo do pastejo em sistemas silvipastoris. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, V. 8, 2016, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, p. 199-229, 2016.

ALVARENGA, R. C. Integração Lavoura – Pecuária. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE. 3. **Anais...** Belo Horizonte, MG: UFMG, 2004.

ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M.; GONTIJO NETO, M. M. **O Estado da arte da Integração Lavoura- Pecuária-Floresta no Brasil**. In: SANTOS, L. D. T.; MENDES, L. R.; DUARTE, E. R.; GLÓRIA, J. R.; ANDRADE, J. M.; CARVALHO,

L. R.; SALES, N. L. P. (ed.). Integração lavoura-pecuária-floresta: potencialidades e técnicas de produção. Montes Claros, MG, p. 11-35, 2012.

ALVES, F. V. O componente animal em sistemas de produção em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, cap.10, p. 143-154, 2012.

ALVES, F. V. PORFIRIO-DA-SILVA, V. KARVATTE JUNIOR, N. Bem-estar animal e ambiência na ILPF. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, Cap. 15, p. 209-223, 2019. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1112892>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004.

ARANHA, A. S. **Desempenho e bem-estar de bovinos nelore na fase de recria mantidos em sistemas integrados de produção agropecuária**. 2016. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal), Faculdade de Ciência Agrárias e Tecnologia - UNESP, Campus de Dracena, SP, 2016.

ARANHA, H. S.; ANDRIGHETTO, C.; LUPATINI, G. C.; BUENO, L. G. F.; TRIVELIN, G. A.; MATEUS, G. P.; LUZ, P. A. C.; SANTOS, J. M. F.; SEKIYA, B. M. S. VAZ, R. F. Produção e conforto térmico de bovinos da raça Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**, v. 71, n. 5, p. 1686-1694, 2019.

BACCARI JÚNIOR, F. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em clima quente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1. **Anais...** Piracicaba, SP, p. 24-67, 1998.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, p. 130, 2011.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P. R. VILELE, L. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta. **Informações agrônomicas**. N. 138, jun. 2012.

BALBINO, L. C.; KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. Sistemas de integração: conceitos, considerações, contribuições e desafios. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 835, p. 31-4.

BARUCH, Z.; GUENNI, O. Irradiance and defoliation effects in three species of the forage grass *Brachiaria*. **Tropical Grasslands**, v. 41, p. 269-27, 2007.

BARROS, J. S. **Características produtivas e nutricionais do capim-piatã e desempenho de novilhas nelore em sistemas agrossilvipastoris**. 2016. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Cruz das Almas, BA, 2016.

BEHLING NETO, A. **Caracterização da forragem de capim-piatã e do microclima em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, com dois arranjos de árvores de eucalipto**. 2012. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2012.

BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO AROCHO, A.; CATON, G. H.; PITT, D. Black globe humidity comfort index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the American Society Agricultural Engineering**, v. 24, n. 4, p. 711-714, 1981.

CARVALHO, M. M. Contribuição dos sistemas silvipastoris para a sustentabilidade da atividade leiteira. In: SIMPÓSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE A PASTO E EM CONFINAMENTO. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, p. 85-108, 2001.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; MARTINS, A. P.; COSTA, S. E. V. G. A.; SILVA, F. D.; ASSMANN, J. M.; LOPES, M. L. T.; PFEIFER, F. M.; CONTE, O.; SOUZA, E. D. **Integração soja-bovinos de corte no Sul do Brasil**. 1. ed. Porto Alegre: Gráfica RJR Ltda, v. 1, p. 60, 2011.

CARVALHO, P. C. F.; MORAIS, A.; PONTES, L. S.; ANGHINONI, I.; SULC, R. M.; BATELLO, C. Definições e terminologias para sistema integrado de produção agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 5, p. 1040-1046, 2014.

CEPEA. **PIB do Agronegócio**. Impulsionado por ramo agrícola, pib do agronegócio cresce 5,35% no 1º trimestre de 2021. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx> . Acesso em: 20 jun. 2021.

COELHO JÚNIOR, J. M. L. P. **Biomassa e volumetria de híbridos de *Eucalyptus urograndis* em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) na Região Sul de Goiás**. 2015. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2015.

EMBRAPA. **Integração lavoura-pecuária-floresta: noções técnicas 2019**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

FAO. **The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction**. Rome, 2019.

FERREIRA, A. D.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; LAURA, V. A.;

BUNGENSTAB, D. J.; MELOTTO, A. M. Arranjos espaciais sobre a produtividade e o potencial de prestação de serviços ambientais do eucalipto em sistemas integrados. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7, **Anais...** 2012.

GAMARRA, E. L.; MORAIS, M. G.; ALMEIDA, R. G.; PALUDETTO, N. A.; PEREIRA, M.; OLIVEIRA, C. C. Beef cattle production in established integrated systems. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 5, p. 3241-3252, 2017.

GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M. Integração lavoura-pecuária-floresta – ILPF. In: NOBRE, M. M.; OLIVEIRA, I. R. (ed.). **Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação**. Brasília, DF: Embrapa, cap. 5, p. 139-178, 2018a.

GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V.; ALVARENGA, R. C. Benefícios e desafios da integração lavoura-pecuária na melhoria da qualidade dos solos do cerrado. **Informações agrônomicas**. N. 161, p. 9-21, mar. 2018b.

GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, E. A.; SIMÃO, E. P.; CAMPANHA, M. M. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em minas gerais. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 71, n. 2, p. 183-191, 2014.

IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal 2019**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>. Acesso em: 10 maio. 2021.

JACK, L.; BRAZ, T. G. S.; MARTUSCELLO, J. A. Gramíneas de clima tropical. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. 1 ed. São Paulo, Jaboticabal: UNESP, 2013. p. 109-119.

KARVATTE JÚNIOR, N. **Microclima em sistemas de integração e**

características quanti-qualitativas da sombra de espécies arbóreas nativas e cultivada, no cerrado. 2014. 81f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR, 2014.

KEULEN, H.; SCHIERE, H. Crop-livestock systems: old wine in new bottles? In: Fischer, T. et al. (ed.). New directions for a diverse planet. **Proceedings... IV International Crop Science Congress**, Austrália, 2004.

KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G.; PAULINO, V. T. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) - experiências no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 71, n. 1, p. 94-105, 2014.

KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L. A. M. Do plantio direto aos sistemas de integração entre lavoura e pecuária: trajetórias da produtividade agropecuária. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, Embrapa, 2018.

KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A. R.; TEIXEIRA, S. M.; OLIVEIRA, E. T. **Renovação de pastagens do cerrado com arroz: I. Sistema Barreirão**. Goiânia: Embrapa-CNPAP, p. 20, 1991 (Embrapa-CNPAP. Documentos, 33).

MARCHETO, F. G.; NAAS, I. A., SALGADO, D. Efeito das temperaturas de bulbo seco e de globo negro e do índice de temperatura e umidade, em vacas em produção alojadas em sistema de free-stall. **Braz. J. vet. Res. anim. Sci.**, São Paulo, v. 39, n. 6, p. 320-323, 2002.

MARTINS, D. C. **Avaliação de sistemas integrados: ILP E ILPF.** 2018. 51f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Jequitinhonha e Muruci, Diamantina, MG, 2018.

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. M.; LAURA, V. A.; CUNHA, D. N. F. V. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009.

MATOS, F. A.; SALLES, N. A.; SANTOS, S. C.; LOURENTE, E. R. P. Influência do arranjo espacial das aleias de eucalipto em sistema silvipastoril no acúmulo de biomassa e propriedades bromatológicas da *Urochloa brizantha* cv. Xaraés - Capítulo 30. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (Org.). **ILPF - Inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. 1ed. Brasília-DF: EMBRAPA, v. 1, p. 493-502, 2019.

NANTES, N. N.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; LEMPP, B.; BARBOSA, R. A.; GOIS, P. O. Desempenho animal e características de pastos de capim-piatã submetidos à diferentes intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 114-121, jan. 2013.

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D. C. **Sistema Santa Brígida** – Tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas. Santo Antônio, de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. p. 16. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnico, 88).

OLIVEIRA, C. C.; VILLELA, D. S.; ALMEIDA, R. G.; ALVES, F. V.; NETO BEHLING, A.; MARTINS, P. G. M. A. Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. **Tropical Animal Health and Production**. n. 46, p. 167-172, 2014.

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; TAVELA, R. C.; ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 917-923, jul. 2008.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiológica e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 573-579, 2007.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; FERNANDES, P. B.;

MULLER, M. D.; PIRES, M. F. A.; FERNANDES, E. N.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistemas agrossilvipastoril, conforme distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1176-1183, out, 2011.

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**, 2016.

PAULA, N. **Caracterização do dossel forrageiro e do sombreamento em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em Porto Velho, Rondônia**. 2017. 55f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, RO, 2017.

PEDREIRA, B. C. **Pecuária de corte na ILPF: a escolha do componente animal**. Sinop, MT: Embrapa Agrossilvipastoril; Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 1 folder.

PEDREIRA, B. C.; BEHLING, M.; WRUCK, F. J.; ANTONIO, D. B. A.; MENEGUCI, J. L. P.; CARNEVALLI, R. A.; LOPES, L. B.; TONINI, H. Sistemas De Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In Simpósio de Pecuária Integrada: Intensificação da produção animal em pastagens. 1ed. Brasília; **Anais...** Brasília: Embrapa, p. 259-294, 2014.

PEDREIRA, B. C.; CARVALHO, P.; NASCIMENTO, H. L. B.; DOMICIANO, L. F.; MOMBACH, M. A.; PEREIRA, D. H.; CABRAL, L. S; CHIZZOTTI, F. H. M.; ABREU, J. G. **SIPA: uma nova perspectiva para a pecuária brasileira**. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção, 2018, Rondonópolis. Anais do Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção. Rondonópolis: UFMT, 2018.

PEREIRA, M. **Produtividade forrageira, degradabilidade ruminal do capim-**

piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) e desempenho de bovinos de corte em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. 2017. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2017.

PIMENTA, P. S. **Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor em novilhos Senepol.** 2016. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2016.

REIS, C. A. F.; SANTOS, A. M.; PACHECO, A. R. **Potencialidades e desafios para o melhoramento genético de eucaliptos aos sistemas de integração.** In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JUNIOR, J. E. (ed.). (Org.). O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. 0ed. Brasília: Embrapa, v. 0, p. 1133-1146, 2021.

RODRIGUES, L. M.; TEODORO, A. G.; SANTOS, A. J. M.; BACKES, C.; ROCHA, J. H. T.; GIONGO, P. R. E DOS SANTOS, Y. L. A. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Interação entre Componentes e Sustentabilidade do Sistema.** *Archivos de zootecnia*, v. 68, n. 263, p. 448-455, 2019.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JR, J. F.; GOULART, I. C. G. R. (ed.). **Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda.** Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 138.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N.; ARANTES, M.; KRUKER, J. M.; ZIMMER, A. H.; MERCANTE, F. M.; ALMEIDA, R. G. **Sistema São Mateus: sistema de integração lavoura-pecuária para a região do Bolsão Sul-Mato-Grossense.** Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 186).

SANTOS, G. C. L.; CABRAL, A. M. D. Índices bioclimáticos, modelagem matemática e índices estatísticos para avaliação de modelos utilizados na estimativa do conforto térmico animal. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, 2021.

SOARES, K. A. R. S. C.; SILVA, H. M.; SOUZA, H. A.; STINGUEL, H. Produção de forragem em sistemas integrados. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 13, p. 4738-4748, 2016.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; VALÉRIO, J. R.; MACEDO, M. C. M.; FERNANDES, C. D.; DIAS-FILHO, M. B. *Brachiaria brizantha* cv. Piatã: uma forrageira para diversificação de pastagens tropicais. **Seed News**, v. 11, n. 2, p. 28-30, 2007.

WRUCK, F. J.; BEHLING, M.; LANGE, A. Produção da lavoura em sistemas de ILPF. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIR, A. D. (Org.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. 1ed. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, p. 319-345, 2019.

XIMENES, L. F. **Segmento de carne bovina**. Caderno Setorial ETENE. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 6, n. 158, p. 11, abr, 2021. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/714>. Acesso: 18 de mai. 2021.

1 **CAPÍTULO 2 - PRODUCTIVE POTENTIAL OF PIATÃ GRASS AND**
2 **PERFORMANCE OF NELLORE STEERS UNDER INTEGRATED CROP-**
3 **LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS***

4

5 *Artigo redigido conforme as normas da “REVISTA BRASILEIRA DE
6 ZOOTECNIA”.

7

8 Ruth Teles Barbosa¹, Caroline Carvalho de Oliveira², Darliane de Castro Santos²,
9 Nivaldo Karvatte Junior², Taís Centurião Delmondos³, Fabiana Villa Alves⁴, Manuel
10 Claudio Motta Macedo⁵, Davi José Bungenstab⁵, Roberto Giolo de Almeida⁵.

11

12 ¹ Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Mato Grosso do
13 Sul - UEMS, Rodovia Graziela Maciel Barroso, Km 12 Zona Rural, Aquidauana - MS,
14 79200-000, Brasil, ruthy_telles@hotmail.com.

15 ² Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal
16 Goiano, Rodovia Sul Goiana, Km 01 - Zona rural, Rio Verde, GO, 75901-970, Brasil.

17 ³ Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Católica Dom Bosco - UCDB, Av.
18 Tamandaré, 6000 - Jardim Seminário, Campo Grande, MS, 79117-900, Brasil.

19 ⁴ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Esplanada dos Ministérios -
20 Bloco D, Brasília, DF, 70043-000, Brasil.

21 ⁵ Embrapa Gado de Corte, Avenida Rádio Maia, 830, Campo Grande, MS, 79106-550,
22 Brasil.

23

24 **ABSTRACT:** Goal was to evaluate productive traits and nutritional value of
25 *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã and the performance of Nellore steers under
26 integrated systems with different tree densities in the Brazilian Cerrado. The trial

27 was conducted at Embrapa Beef Cattle, Campo Grande-MS, in an experimental area
28 of 18 hectares, divided into 12 paddocks, under three integrated systems: crop-
29 livestock (ICL), crop-livestock-forest (ICLF-28), with 89 trees ha⁻¹ and distance
30 between trees on single rows of 28 meters and crop-livestock-forest (ICLF-22), with
31 113 trees ha⁻¹ and distance between trees on single rows of 22 meters. Experimental
32 design was a randomized block in split plot with four repetitions. Treatments on
33 plots correspond to the three integrated systems (ICL, ICLF-28 and ICLF-22) and on
34 subplots, local major seasons (summer and autumn). As for results, forage
35 availability was higher in the ICL system (4748 kg of DM ha⁻¹), higher also on
36 Summer (3565 kg of DM ha⁻¹), crude protein values (13.63 and 13.23%), and leaf
37 DIVMO (51.07 and 50.24%) were higher in ICLF systems in Autumn. Average daily
38 gain (ADG) did not differ among systems and seasons, while animal weight gain per
39 area (GPA) and stocking rate (SR) were higher in the ICL system (148 kg ha⁻¹ and
40 1.93 AU ha⁻¹) respectively, and even higher during the summer. Tree density
41 negatively affected forage availability in summer, decreasing GPA and SR. ICLF
42 systems show some losses on animal performance. However, once they become
43 known and accounted for, they could be compensated by other gains, such as
44 environmental services, remaining an alternative when diversification is needed on
45 cattle ranching areas.

46

47 **Keywords:** forage, nutritional value, stocking rate, tree density

48

49 **1. Introduction**

50 About 98% of Brazilian beef is sourced from production systems based on
51 grazing (Medeiros et al., 2021). The exploitation of this natural resource, if
52 mismanaged, associated with low productive indexes, compromises sustainability
53 that leads to loss of vigor, yields and degradation, hindering the natural process of
54 pasture recovery (Melo et al., 2015). Pasture degradation reduces animal
55 performance and culminates in soil and natural resource losses. The main causes of
56 this degradation may be inadequate plant nutrition, excessive stocking rates and the

57 lack of conservation practices, which contribute to the emergence of environmental,
58 economic and social problems (Macedo, 2009; Braz et al., 2012; Carvalho et al.,
59 2017; Aranha et al., 2019). Given this scenario, one of the alternatives for harvesting
60 food from grazing systems, respecting environmental and social demands, is
61 through techniques of intensification following correct and sustainable ecologic and
62 agricultural production (Schuster et al., 2019).

63 To this end, integrated production systems, especially integrated crop-
64 livestock (ICL) and crop-livestock-forestry (ICLF), aim at the continuous use of
65 agricultural areas in a rational, diversified and sustainable way, adding value to
66 products and promoting improvements in soil quality over time (Balbinot Junior et
67 al., 2009; Geremia et al., 2018). The ICLF system, which integrates crop, livestock
68 and forestry activities, is a combination of sustainable production strategies for
69 milk, beef, grains, fibers, wood, among others. It has high versatility, in consortium,
70 succession or rotation, aiming at synergistic effects among all the components
71 involved in the agroecosystem, also contributing to the improvement of animal
72 welfare (Balbino et al., 2011; Kichel et al., 2014; Silva et al., 2020).

73 With the presence of the tree component in the production system, the
74 quantity and quality of the radiation that reaches the forage extract are
75 compromised. Thus, it is essential to analyze the dynamics and behavior of forage
76 species under such shadings, since their production will reflect on animal
77 performance (Geremia et al., 2018; Martins et al., 2020).

78 This work has evaluated productive characteristics and nutritional value of
79 *Brachiaria brizantha* hp. BRS Piatã and the performance of Nellore steers under
80 integrated systems with different tree densities in the Brazilian Cerrado.

81

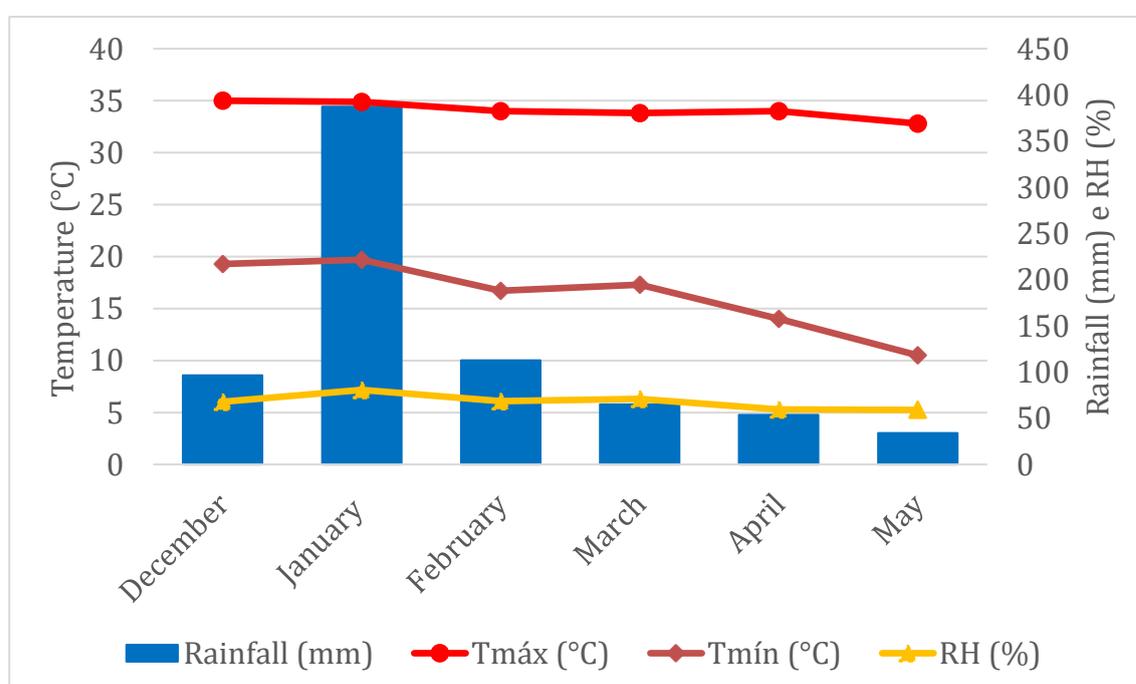
82 2. Materials and Methods

83 2.1. Location of the experimental area

84 The trial was conducted at Embrapa Beef Cattle, in Campo Grande-MS
 85 (latitude 20° 24' Sul; 54° 42' of West longitude, and 530 m of altitude), from
 86 December 2020 to May 2021. Background information on the area is described in
 87 detail by Oliveira et al. (2014), Pereira et al. (2014) and Gamarra et al. (2017). All
 88 procedures and methodologies applied were previously approved by the Ethics and
 89 Animal Use Committee of Embrapa Beef Cattle, under protocol number 013/2014.

90 Soil of the experimental area is Dystrophic Red Latosol (Santos et al., 2006).
 91 The climatic pattern of the region, according to the Köppen classification, is humid
 92 tropical, it is in the transition range between CFA and Aw, with well-defined
 93 occurrence of the dry period (April to September) and a rainy season (October to
 94 March), with average annual rainfall of 1.560 mm.

95 The meteorological data surrounding the experimental area were recorded
 96 through a meteorological station (A702 - INMET), located at Embrapa Gado de Corte,
 97 3 km from the experimental area (Figure 1).



98 **Figure 1.** Climatic variables, rainfall (mm), maximum air temperature (T_{max}, in °C),
99 minimum air temperature (T_{mín}, in °C) and relative humidity (RH, in %) from the
100 surroundings of the experimental area, data from December 2020 to May 2021.

101 The experimental area with 18 hectares consisted of three integrated
102 systems, established in 2008, divided into 12 plots of 1.5 ha each (4 plots per
103 system), in which: (i) crop-livestock system (ICL), control; (ii) crop-livestock-
104 forestry system (ICLF-22), with tree arrangement of 22x4 m and density of 113 trees
105 ha⁻¹; (iii) crop-livestock-forestry system (ICLF-28), with tree arrangement of 28x4
106 m and density of 89 trees ha⁻¹. The forage component of the pasture was *piatã* grass
107 (*Brachiaria brizantha* hp. BRS Piatã) and the trees were eucalyptus *urograndis*
108 (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, clone H13) in the ICLF-22 and ICLF-28 systems, in
109 single rows and spacing, within the rows, of 4 meters between trees. Tree growth
110 was evaluated annually. In July 2020 the ICLF-28 system presented a height of 32.6
111 m and diameter at breast height (DBH) of 33.4 cm and the ICLF-22 system the height
112 was 31.6 m and DBH was 34.6 cm. In May 2021, the height was 33.4 m and DBH was
113 34.59 cm for the ICLF-28 system, as well, 32.74 m height and DBH of 36.1 cm for the
114 ICLF-22 system, respectively.

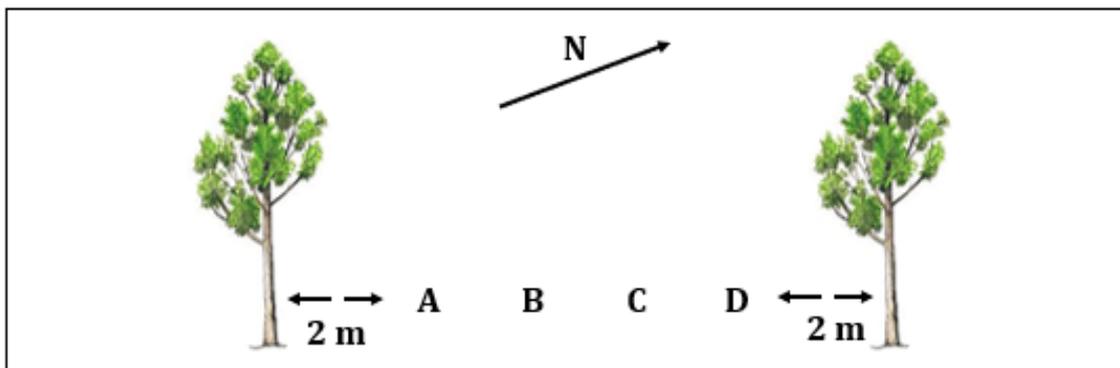
115 Based on results from soil analysis, maintenance fertilizer for 2020 was
116 carried out in January, with application of 250 kg ha⁻¹ of the formula 0-20-20 and
117 165 kg ha⁻¹ of nitrogen as urea. In February 2021, 250 kg ha⁻¹ of the formula 0-20-
118 20 and 125 kg ha⁻¹ of nitrogen as urea were applied.

119

120 2.2. Microclimate assessment

121 To collect microclimate data (black globe temperature), monthly
122 assessments were performed for four consecutive days. In paddocks with

123 eucalyptus trees, samples were taken in a transect perpendicular to the rows, where
 124 two points were delimited in the sun, and two points in the shade for every paddock
 125 (Figure 2). In the ICL areas, samplings were carried out in places representative of
 126 the environment in which animals were.



127 **Figure 2.** Schematic of microclimate sampling points

128 Measurements of black globe temperatures (BGT in °C) were obtained by a
 129 globe thermometer adapted in matte black buoys, according to the model proposed
 130 by Souza et al. (2002). From the average of the microclimate data of each system, in
 131 the two seasons, the following microclimatic index was calculated:

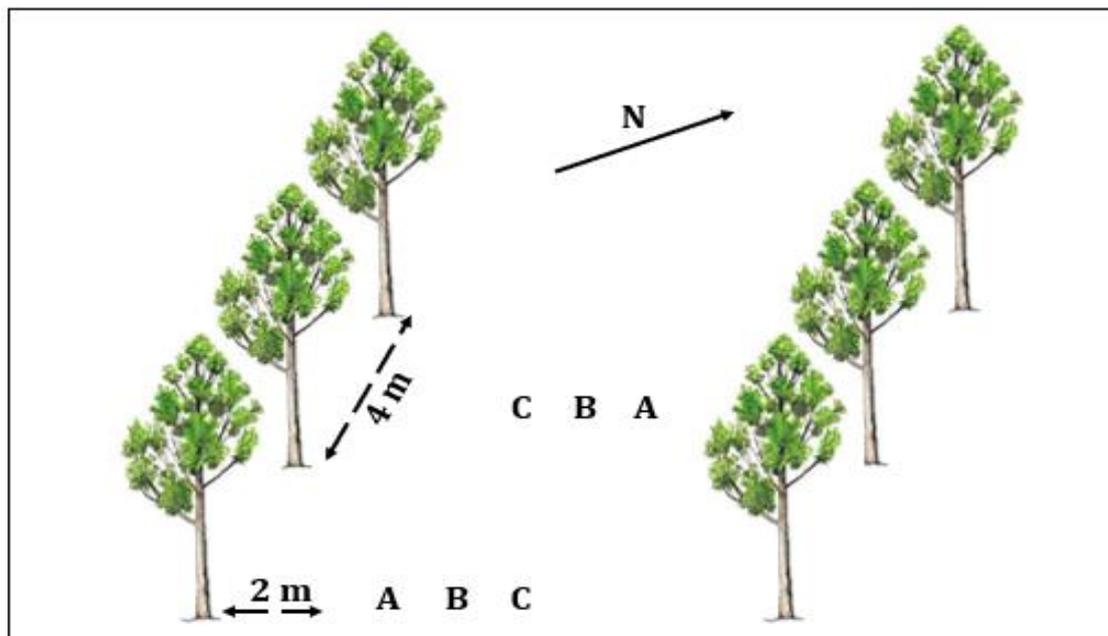
132 • black globe temperature index and humidity (Bond and Kelly, 1955): BGHI
 133 = $0.7 \text{ WBT} + 0.2 \text{ BGT} + 0.1 \text{ Ta}$, where: WBT = wet bulb temperature in °C; BGT =
 134 black globe temperature in °C; Ta = air temperature in °C.

135

136 2.3. Forage component evaluation

137 To evaluate structural and nutritional traits of the forage, two transects
 138 perpendicular to the rows of trees were considered, per plot. In each transect, three
 139 equidistant sampling points (A, B and C) were delimited, where A was located 2 m
 140 from tree rows, due to the projection of the canopy shadow, C the central point of
 141 the paddock and B the intermediate position to points A and C, totaling 6 sampling

142 points per plot, collected at intervals of 28 days (Figure 3). To the ICL, the 6 points
 143 were randomly chosen the along of the paddock.



144 **Figure 3.** Scheme of sampling points for forage evaluation

145 At each point, with a sample area of 1 m^2 , two heights were measured using
 146 a ruler graduated in cm. The visual evaluation method was used to assess soil cover,
 147 assigning values from 0% (uncovered soil) to 100% (soil fully covered by forage).
 148 Measurements of photosynthetically active radiation (PAR) occurred in conjunction
 149 with forage evaluation, using the AccuPAR portable ceptometer (model LP-80).
 150 Readings were taken above forage canopy, with reference to full sun. Subsequently,
 151 the forage was cut close to the ground, using a motorized coastal harvester. The
 152 samples collected (green material) were weighed shortly after cutting, and then
 153 composite samples were made for points with the same position in each transect,
 154 and a representative subsample was taken for subsequent morphological
 155 separation of the leaf components (leaf blade), stem (stem + sheath), inflorescence,
 156 senescent and weeds.

157 After separation, the material was packed in a paper bag, weighed and taken
 158 to the forced air circulation oven at 65°C for approximately 72 hours until it reached

159 constant weight according to Silva and Queiroz (2009). The proportion of each
160 morphological component was expressed as a percentage of the total dry mass. The
161 leaf blade: stem ratio was obtained by dividing the dry weight of the leaf blade by
162 the dry weight of the stalk. The volumetric density ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ cm}^{-3}$) was also
163 estimated by dividing the forage mass by the average height of the forage canopy.

164 The components: leaf blade, stem and senescent material were separately
165 crushed in Willey mills with a 20 *mesh* sieve and analyzed using near-infrared light
166 reflectance spectroscopy system (NIRS), to quantify crude protein content (CP),
167 neutral detergent fiber (NDF) and digestibility *in vitro* of organic matter (DIVMO),
168 according to Marten et al. (1985), thus determining the nutritional value of each
169 forage fraction.

170

171 2.4. Evaluation of animal performance

172 For the evaluation of animal performance, the animals were treated for
173 worms and external parasites as well as horn fly as needed throughout the
174 experimental period.

175 Eighty newly weaned Nellore steers with a mean age of 10 months and
176 initial live weight of 210 kg were used. Each system had 24 animals, managed in
177 continuous grazing and variable stocking rate, targeting forage offer of 6% of live
178 weight (6 kg of dry matter for each 100 kg of live weight per day), with the
179 permanence of two test animals per paddock throughout the experimental period,
180 and buffer animals being added according to the pasture support capacity at the
181 time of weighing, according to the technique "*put-and-take*" (Mott and Lucas, 1952).
182 All paddocks were equipped with a trough for dry minerals supplementation and
183 drinking fountains in adequate quantity and size for supply *ad libitum*. Steers were

184 weighed on a digital electronic scale, at intervals of 28 days, after being submitted
 185 to a full fast for 12 hours, to adjust the stocking rate and evaluate performance.

186 To evaluate animal performance, the measured variables were: average
 187 daily weight gain (ADG, kg day⁻¹), calculated by the ratio between the difference in
 188 weight of the animals, obtained in the interval of two weightings, and the number of
 189 days between weightings; the stocking rate (SR, UA ha⁻¹) calculated by the ratio
 190 between the number of animal units and the grazed area; and the weight gain per
 191 area (GPA, kg ha⁻¹), which was obtained by multiplying the average daily gain of the
 192 animals by the number of animals kept per hectare.

193

194 2.5. System Efficiency Index

195 To evaluate land use efficiency for the systems, the efficient land use index
 196 (UET), proposed by Willey and Osiru (1972) and Mead and Willey (1980), was used.
 197 This index considers the yield of the components of the ICL, ICLF-28 and ICLF-22
 198 systems and relates them to land use equivalence. The UET is calculated as follows:

$$199 \quad UET = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} = UET_a + UET_b$$

200 where: Y_{ab} and Y_{ba} represent the productivity of crops "a" and "b" in a consortium,
 201 with Y_{aa} and Y_{bb} representing the productivity of the respective monocultures. UET_a
 202 and UET_b represent the efficient partial land use of crops "a" and "b", respectively.

203 UET value > 1 indicates that productive advantage occurred, UET = 1 no productive
 204 advantage occurred, and UET < 1 indicates productive disadvantage.

205 Considering the productivity data of the ICL, ICLF-28 and ICLF-22 systems,
 206 for the components:

207 Cattle ranching: productivity, in weight gain per hectare, obtained in this study, the
 208 ICL system was superior to ICLF-28 and ICLF-22, which did not differ from each

209 other, with values 148 kg ha⁻¹, 114 kg ha⁻¹ and 104 kg ha⁻¹, respectively.

210 Forest: it was considered the average of Brazilian productivity for eucalyptus forest
 211 plantation, in an arrangement of 3x2 m and density of 1.667 trees ha⁻¹, of 35.3 m³
 212 ha⁻¹ year⁻¹ (IBÁ, 2020). For the ICLF-22 and ICLF-28 systems, with densities of 113
 213 and 89 trees ha⁻¹, after thinning, the productivities, based on measurements from
 214 May 2021, were 10.52 and 7.85 m³ ha⁻¹ year⁻¹, respectively.

215 Calculations:

216 UET (ICLF-28) = [114 : 148 (steers)] + [7.85 : 35.3 (timber)]

217 UET (ICLF-28) = 0.77 (steers) + 0.22 (timber)

218 UET (ICLF-28) = 0.99

219

220 UET (ICLF-22) = [104 : 148 (steers)] + [10.52 : 35.3 (timber)]

221 UET (ICLF-22) = 0.70 (steers) + 0.29 (timber)

222 UET (ICLF-22) = 0.99

223

224 2.6. Experimental design and statistical analysis

225 Experimental design used was randomized blocks in sub-divided plot
 226 scheme, with four repetitions (paddocks). Treatments on plots correspond to the
 227 three integrated systems (ICL, ICLF-28 and ICLF-22) and treatments on subplots,
 228 local major seasons (Summer and Autumn).

$$229 Y_{ijk} = \mu + B_i + S_j + \epsilon_{ij} + E_k + SE_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

230 Where Y_{ijk} is the response variable in the i -th block of the j -th system and k -th
 231 station, μ is the constant, B_i is the block effect, S_j the system effect, ϵ_{ij} the error a, E_k is
 232 the station effect, SE_{jk} is the effect of the j -th system on the k -th station and ϵ_{ijk} the
 233 residual error.

234 The data were submitted to the UNIVARIATE procedure, verifying the
235 adherence of the data to the normal distribution curve. Afterwards, the analysis of
236 variance was performed using the GLM procedure and the means compared by the
237 Tukey test adopting the 5% probability level, with significant interactions adjusted
238 by the LSMEANS procedure. All analyses were performed using the statistical
239 application SAS, version 9.4.

240

241 **3. Results**

242 3.1. Microclimate

243 Significant differences were observed in BGT and BGHI between systems
244 and season ($P < 0.05$) and interaction effect ($P > 0.05$). The lowest Tgn value found
245 was in the system with the lowest tree density, ICLF-28 (26.38°C) and the highest
246 value, in the ICL (27.67°C). The ICLF-22 system showed no difference between the
247 ICLF-28 and ICL systems. For BGHI, the ICL presented a value of (76.42) higher than
248 the ICLF-28 (75.27) and ICLF-22 (74.70) systems. Higher BGT and BGHI values were
249 observed in Summer.

250 **Table 1.** Average values of black globe temperature (BGT) and black globe humidity index (BGHI), in integrated crop-livestock (ICL)
 251 and crop-livestock-forestry systems, ICLF-22 with density of 113 trees and ICLF-28 with 89 trees ha⁻¹, during the Summer (2020)
 252 and Autumn (2021), in the Cerrado region in Campo Grande-MS.

253

Variables	System			Season		CV*	p-value System	p-value Season	p-value System x Season
	ICL	ICLF-28	ICLF-22	summer	autumn				
Black globe temperature (°C)	27.67 a	26.38 b	26.49 ab	27.18 a	26.52 b	3.94	0.020	0.001	0.261
BGHI	76.42 a	75.27 b	74.70 b	76.49 a	74.43 b	1.35	0.018	<0.001	0.928

254 Means followed by the same letters in the rows do not differ by the Tukey test (P>0.05). *CV = Coefficient of variation (%)

255 3.2. Forage production

256 The highest values of forage canopy height ($P < 0.05$) were recorded in the ICL
257 (52.61 cm) and ICLF-22 (52.09 cm) systems, when compared to the ICLF-28 system
258 (47.26 cm) (Table 2). In the summer, the highest canopy height (57.67 cm) was
259 obtained in relation to autumn (43.65 cm).

260 Significant differences between the systems and seasons ($P < 0.05$) were also
261 observed for soil cover, total biomass and volumetric density of the *piatã* grass
262 (Table 2). The highest values were from the ICL system (89.66%, 4748 kg MS ha⁻¹
263 and 92.93 kg MS ha⁻¹ cm⁻³, respectively). The ICLF-28 and ICLF-22 systems,
264 statistically similar to each other, showed a reduction of approximately 32.5 and
265 34.4% in the coverage, 2030 and 2168 kg of MS ha⁻¹ in the total biomass and 33.2
266 and 41 kg of MS ha⁻¹ cm⁻³ in the volumetric density, in relation to the ICL system. The
267 summer showed 69.98% and 3565 kg of MS ha⁻¹, against ($P < 0.05$) 64.76% and 3132
268 kg of MS ha⁻¹ in the autumn, for soil cover and total biomass, respectively. As for the
269 volumetric density, the highest ($P < 0.05$) value was recorded during the autumn
270 (74.96 kg of MS ha⁻¹ cm⁻³), and the lowest in the summer (61.44 kg of MS ha⁻¹ cm⁻³).

271 No significant differences were observed for the percentage of leaves in the
272 forage mass (average of 32.82%) in the production systems evaluated ($P > 0.05$).
273 However, in the summer the percentage of leaves in the grazing stratum was
274 approximately 56.73% higher ($P < 0.05$) than in the autumn.

275 The highest ($P < 0.05$) values for stem percentage were observed in the ICLF-
276 28 and ICLF-22 systems, and the lowest ($P < 0.05$) value found in the ICL (39.18%),
277 in the summer. However, in the autumn, the ICLF-22 systems for ICL and ICLF-28
278 did not show significant differences.

279 The highest ($P<0.05$) leaf blade: stem ratio was recorded in the ICL system
280 (0.99) when compared to ICLF-28 (0.78). Yet, the ICLF-22 system was statistically
281 similar to ICL and ICLF-28. In relation to season, the leaf blade: stem ratio of piatã
282 grass was higher ($P<0.05$) in the summer, being 50.84% higher than that observed
283 during the autumn.

284 The highest ($P<0.05$) incidence of photosynthetically active radiation (PAR)
285 occurred in the ICL system with ($1362 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), and the lowest in ICLF-28 (595
286 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), and ICLF-22 ($537 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), which were similar ($P>0.05$). In the
287 summer the highest PAR ($1179 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) was reported, while in autumn 683
288 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ was observed.

289 **Table 2.** Characteristics of the pasture of *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã (canopy height, soil cover, total biomass, volumetric density, leaf
290 percentage, stem percentage, leaf: stem ratio, photosynthetically active radiation, PAR) in integrated crop-livestock (ICL) and crop-livestock-
291 forestry systems (ICLF), with a density of 113 and 89 trees ha⁻¹, during the summer and autumn in the Cerrado region in Campo Grande-MS,
292 in 2020 and 2021.

Variable	System			Season		CV*	p-value System	p-value Season	p-value System x Season
	ICL	ICLF-28	ICLF-22	summer	autumn				
Canopy height (cm)	52.61 a	47.26 b	52.09 a	57.67 a	43.65 b	22.79	0.022	<0.001	0.201
Soil cover (%)	89.66 a	57.21 b	55.24 b	69.98 a	64.76 b	11.79	<0.001	<0.001	0.242
Total biomass (kg MS ha ⁻¹)	4748 a	2718 b	2580 b	3565 a	3132 b	30.93	<0.001	0.002	0.700
Volumetric density (kg MS ha ⁻¹ cm ⁻³)	92.93 a	59.69 b	51.97 b	61.44 b	74.96 a	32.24	<0.001	<0.001	0.668
Percentage of leaf (%)	32.89 a	32.27 a	33.31 a	41.88 a	23.76 b	34.35	0.864	<0.001	0.223
Percentage of stem (%)	ILP			39.18Ba	40.06Aa	28.79			0.007
	ILPF-28			51.03Aa	38.79Ab				
	ILPF-22			47.72Aa	40.82Ab				
Leaf blade:stem ratio	0.99 a	0.78 b	0.89 ab	1.18 a	0.60 b	62.61	0.012	<0.001	0.058
PAR (μmol m ⁻² s ⁻¹)	1362 a	595 b	537 b	1179a	683 b	44.91	<0.001	<0.001	0.515

293 Means followed by the same low caps in the row and capital letter in the columns, do not differ by the Tukey test (P>0.05). *CV = Coefficient
294 of variation (%)

295 3.3. Nutritive value of forage

296 The crude protein and neutral detergent fiber were affected ($P<0.05$) by the
297 interaction system x season, and the digestibility *in vitro* of organic matter, had an
298 effect between systems and seasons ($P<0.05$) (Table 3).

299 The highest ($P<0.05$) levels of CP were found in the ICLF-28 and ICLF-22
300 systems, in both seasons, and the lowest content recorded in the ICL system.
301 Significant differences were observed between the seasons in all systems, with
302 higher CP values ($P<0.05$) in the autumn, for all systems.

303 The leaf NDF was higher ($P<0.05$) only in the ICL system during the summer
304 season compared to autumn (77.00% x 72.96%). NDF levels were similar in the
305 ICLF-28 and ICLF-22 systems in both seasons, with an average of 72.04 and 70.42%,
306 respectively. Observing the systems within each season, it was noted, in both
307 seasons, that the ICL system presented the highest ($P<0.05$) NDF contents, with the
308 ICLF-28 system being similar to this only in the fall, and the ICLF-22, presenting the
309 lowest ($P<0.05$) NDF content in the summer and similar to the ICLF-28 in the
310 autumn in both seasons. The highest ($P<0.05$) NDF values for stems were observed
311 in the ICL, ICLF-28 and ICLF-22 systems in the autumn. However, during the
312 summer, the ICL and ICLF-28 systems showed no significant differences, with the
313 lowest ($P<0.05$) value found in the ICLF-22 system (76.00%).

314 The highest percentages of DIVMO were observed in the ICLF-28 and ICLF-
315 22 systems (51.07% and 50.24%, respectively), which did not differ from each
316 other, and the lowest in the ICL (42.76%).

317 **Table 3.** Nutritive value of leaf blade and stem *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã, under integrated crop-livestock (ICL) and
 318 crop-livestock-forestry systems (ICLF) with tree density of 113 and 89 trees ha⁻¹, in Summer and Autumn in the Cerrado region
 319 in Campo Grande-MS, in 2020 e 2021.

Variable	System x Season			CV*	p-value	
		summer	autumn		System x Season	
Leaf crud protein (CP, %)	ICL	6.17 Bb	9.72 Ba	5.59	0.017	
	ICLF-28	10.79 Ab	13.63 Aa			
	ICLF-22	11.08 Ab	13.23 Aa			
NDF = Leaf neutral detergent fiber (FDN, %).	ICL	77.00 Ab	72.96 Aa	6.28	0.041	
	ICLF-28	73.00 Ba	71.07 ABa			
	ICLF-22	70.50 Ca	70.33 Ba			
NDF = Stem neutral detergent fiber (FDN, %).	ICL	81.27 Aa	81.49 Aa	5.2	0.001	
	ICLF-28	79.54 Ab	82.56 Aa			
	ICLF-22	76.00 Bb	81.36 Aa			
In vitro digestibility of organic matter (DIVMO, %)	System			CV*	p-value	p-value System x Season
	ICL	ICLF-28	ICLF-22			
	42.76 b	51.07 a	50.24 a	11.68	0.001	
	Season					
	summer	autumn				
	42.21b	53.83 a		11.68	<0.001	

320 Means followed by the same low caps in the row and capital letter in the columns, do not differ by the Tukey test (P>0.05). *CV =

321 Coefficient of variation (%)

322 3.4. Animal performance

323 No significant differences ($P>0.05$) were observed between the systems and
324 between the seasons ($P>0.05$) for the average daily gain (ADG, g d^{-1}). However, there
325 was a significant difference ($P<0.05$), between the systems and the seasons, for
326 weight gain per area (GPA, in kg ha^{-1}), as well as for the interaction system x season
327 for stocking rate (SR, AU ha^{-1}) (Table 4).

328 In summer, the highest ($P<0.05$) SR was achieved in ICL (1.93 AU ha^{-1}),
329 followed by ICLF-28 (1.67 AU ha^{-1}) and ICLF-22 (1.39 AU ha^{-1}), similar to that
330 observed in autumn, with values of 1.80, 1.24 and 1.07 AU ha^{-1} for the ICL, ICLF-28
331 and ICLF-22 systems, respectively. In terms of season, ICL showed no difference
332 between summer and autumn in terms of SR, while in ICLF-22 and ICLF-28, this rate
333 was lower ($P<0.05$) in autumn.

334 The highest ($P<0.05$) GPA value was recorded in the ICL system (148 kg ha^{-1})
335 and the lowest values in the ICLF-28 and ICLF-22 systems that did not differ from
336 each other, with an average of 109 kg ha^{-1} . Between seasons, the largest ($P<0.05$)
337 gains per area were recorded in summer (185 kg ha^{-1} or $6.16 @ \text{ ha}^{-1}$), compared to
338 autumn (60 kg ha^{-1} or $2 @ \text{ ha}^{-1}$).

339 **Table 4.** Animal performance under integrated crop-livestock (ICL) and crop-livestock-forestry systems, ICLF-22 with 113 trees
 340 ha⁻¹ e ICLF-28 with 89 trees ha⁻¹, in Summer and Autumn in the Cerrado region in Campo Grande - MS, in 2020 e 2021.

Variable	System			Season		CV*	p-value System	p-value Season	p-value System x Season
	ICL	ICLF-28	ICLF-22	summer	autumn				
Average daily gain (ADG, g d ⁻¹)	638 a	557 a	634 a	659 a	560 a	22.31	0.380	0.108	0.094
Stocking rate (SR, AU ha ⁻¹)	ICL			1.93 Aa	1.80 Aa	5.59			0.017
	ICLF-28			1.67 Ba	1.24 Bb				
	ICLF-22			1.39 Ca	1.07 Cb				
Gain per area (GPA, kg ha ⁻¹)	148 a	114 b	104 b	185 a	60 b	19.66	0.011	<0.001	0.253

341 Means followed by the same low caps in the row and capital letter in the columns, do not differ by the Tukey test (P>0.05). *CV =
 342 Coefficient of variation (%)

343 **4. Discussions**

344 The temperature of the black globe provides a summary of the combined
345 effects of air temperature, radiant thermal energy and wind speed in all possible
346 aspects (Silva, 2000), that is, it represents the thermal sensation of the place where
347 the animal is kept. According to Mota (2001), BGT values between 27 and 34°C
348 indicate a regular situation of animal thermal comfort. According to Baêta (1985),
349 these values would reflect BGHI values within the alert range (74 to 79),
350 characterizing the production environment as thermally comfortable, but with
351 reservations. The shading, however, allowed a decrease of 1.3°C in the temperature
352 of the black globe and 1.5 units in the BGHI in the ICLF systems.

353 The higher heights of the *piatã* grass observed in the ICL and ICLF-22
354 systems (Table 2) may be associated with the availability or restriction of light
355 available to the plant. The ICL receives greater intensity of light radiation in addition
356 to less competition from the natural resources available (Andrade et al., 2016). The
357 result of ICLF-22 is suggestive of the adaptive response of the forage, maximizing
358 the light interception according to what is provided to its environment, in an
359 attempt to reach a high extract and leave the shading (Favare et al., 2018; Gomes et
360 al., 2020), through the mechanism characterized by the elongation of the stems
361 (stylet), usually occurring together with the early flowering of the *piatã* grass in
362 January and February (Pereira, 2017). accelerated stem and leaf elongation in
363 agroforestry systems under intense shading was also reported by Sousa et al.
364 (2007); Paciullo et al. (2016) and Pereira et al. (2021).

365 The greater soil cover, total biomass and leaf volumetric density in the ICL
366 system can also be explained by the high availability of radiation (Cruz et al., 2021)
367 and, in ICLF systems, the decrease may be related to microclimatic variability, the

368 lower PAR (Favare et al., 2018), and shading in the understory (Lopes et al., 2017).

369 With reduction of radiation in shaded environments, the basal and axillary
370 buds are not activated, and the photoassimilates are allocated to the existing tillers,
371 restricting the emergence of new ones (Paciullo et al., 2008; Bernardino and Garcia,
372 2009; Paciullo et al., 2011; Baldissera et al., 2016). In summer, with higher cloud
373 coverage, the PAR available in ICLF systems is even more compromised (Larcher,
374 2000; Gobbi et al., 2009). Gamarra et al. (2017), evaluating the effect of three
375 integration systems, two ICLF with arrangements of 357 and 227 eucalyptus trees
376 ha⁻¹ and one ICL system (control), carrying out performance evaluations of Nelore
377 cattle, observed a reduction in forage availability in places with greater shading in
378 relation to the control system.

379 Adequate maintenance of the canopy structure and the percentage of leaves
380 are determining factors in voluntary forage consumption and animal performance
381 (Geremia et al., 2018; Souza Filho et al., 2019). Although the total biomass was lower
382 in the ICLF systems compared to the ICL, morphological modifications, such as
383 increase in specific leaf area contributed to maintain the leaf percentage similar to
384 the ICL (Table 2), providing similar average daily gain (ADG) (Table 4). These data
385 show the plasticity of the *piatã* grass in different environmental conditions and
386 production systems (Garcia and Andrade, 2001).

387 The leaf blade: stem ratio followed a similar trend to the aerial part,
388 reported in the ICL and ICLF-22 systems (Table 2). Leonel et al. (2009), claim that
389 forages that grow under shading have a lower leaf blade: stem ratio, induced by the
390 allocation of photoassimilates intended for the development of stems, rather than
391 directed to leaf production, which explains the higher percentage of stems in ICLF
392 systems, with a consequent decrease in leaf blade: stem ratio. The similarity of the

393 ICLF-22 system with the ICL probably occurred due to the variability in functional
394 traits that occurs in forage species, due to the environmental factors acting on the
395 site (Martins et al., 2015). Strategies regarding leaf morphology are also expected in
396 species under PAR limiting conditions. In addition to the occurrence of accelerated
397 stem and leaf elongation, forages tend to have an increase in specific leaf area, have
398 thin leaves and larger petioles, as these characteristics increase the efficiency of light
399 capture (Martins et al., 2015).

400 According to Santos et al. (2010), the higher the leaf blade: stem ratio, the
401 better its nutritional profile. Thus, there is a greater interest in species that have a
402 high leaf: stem ratio, as they positively influence the production of dry mass and,
403 consequently, animal performance and feed intake behavior (Castro and Paciullo,
404 2011). In grazing conditions, consumption is directly influenced by the structure of
405 the canopy, by the availability of forage as the leaf blade:stem ratio. However, in the
406 literature there is no description of the ideal proportion, as not always high leaf
407 blade: stem ratio will represent better animal performance results (Ongaratto and
408 Romanzini, 2021).

409 The light intensity in shaded systems is influenced by the species, time of
410 year, year, arrangements and development of the trees (Fontana et al., 2012). The
411 decrease in PAR in ICLF systems is due to the superior position of the trees in
412 relation to forage, in this condition much of the wavelength in the blue to red range
413 are absorbed first by the leaves of the trees, modifying the quality and quantity of
414 PAR, as well as the light spectrum by reducing the distant red: red ratio (Rodrigues
415 et al., 2014; Santos et al., 2020; Glatzle et al., 2021) available to forage, generating a
416 negative impact on production, as observed in this study.

417 As plants develop, there is an increase in sclerenchymal tissues (Deinum et

418 al., 1996), favoring the emergence of fibrous walls and lignification of cellular tissues
419 (Van Soest, 1994). According to Simioni et al. (2014), this process results in a
420 decrease in crude protein (CP), digestibility *in vitro* of organic matter (DIVMO) and
421 an increase in neutral detergent fiber (NDF), as observed when compared to
422 summer and autumn (Table 3).

423 In systems with trees, the decrease in BGT provides the mitigation of
424 thermal sensation, favoring the mineralization of organic matter, nitrogen cycling
425 and moisture conservation, contributing to the increase in CP levels (Guenni et al.,
426 2008; Mishara et al., 2010; Barros et al., 2019). This increase may also be associated
427 with delay in ontogenetic development of forage, due to the high intensity of shading
428 received (Martins et al., 2020). In this condition, forages tend to be physiologically
429 younger, allowing higher metabolic levels for longer (Paciullo et al., 2011).

430 During the experimental period, CP levels were mostly above the
431 recommended level of 7% of MS (Van Soest, 1994). Only the ICL system during the
432 summer, it was found to have a content of 6.17%. Lower values decrease the speed
433 at which the forage is degraded, due to the reduction in the development of ruminal
434 microorganisms, affecting dry matter intake, digestibility and animal performance
435 (Medeiros et al., 2015).

436 For leaf NDF, the average value found was 72.5%, while the stem NDF
437 presented an average of 80.4%, between systems and seasons (Table 3). Van Soest
438 (1994) mentions that NDF is also related to light conditions: as the availability of
439 light increases, there is a decrease in the components of the cell wall causing a
440 dilution due to the structuring of carbohydrates, organic acids and amino acids.

441 The highest values of NDF of the leaf observed in the summer in the ICL
442 system occurred due to the high temperatures and the increase of the turgor of the

443 cells, to avoid its rupture (Santana et al., 2021). The lowest values in ICLF systems
444 occurred due to the intensity of shading received, possibly due to the targeting of
445 photoassimilates to increase the photosynthetic capacity of the plant (Deinum et al.,
446 1996), a case that also justifies the lower value of NDF of the stem found in ICLF-22.

447 Due to the distinct nature of forage tissues, it is expected that the NDF
448 content of the stem becomes higher in relation to the leaves (Alves de Brito et al.,
449 2003). Associating this with the phenotypic plasticity of the *piatã* grass, caused by
450 accelerated stem and leaf elongation, and the maturation of plant cells, due to
451 environmental restrictions, contributed to the largest records were found for all
452 systems during the autumn season.

453 The DIVMO observed in this experiment is in line with Deinum et al. (1996).
454 As mentioned, shaded environments affect photosynthetic capacity, leading to a
455 limitation in the development of secondary cell wall, which culminates in the
456 formation of less thick walls. The higher DIVMO of the *piatã* grass in the ICLF
457 systems is related to the higher levels of CP and lower NDF contents of the leaf
458 (Table 3). During the autumn, the DIVMO values increased sharply (53.83%) in
459 relation to the summer (42.21%), due to the better soil moisture conditions
460 provided by the treetops, allowing the forage to remain green during this season
461 (Paciullo et al., 2007). Almeida et al. (2011) and Quintino et al. (2013) also reported
462 better nutritional results of *piatã* grass in agroforestry systems, as well as in the
463 autumn season.

464 The main determinant factor of grazing animal performance is feed intake.
465 This, in turn, is affected by the nutritional and structural conditions of the pasture
466 (Euclides et al., 2009). It is known that the leaf fraction represents the most
467 nutritious portion of the forage that, when offered in large percentages, associated

468 with a high availability of forage, favor the selectivity of the animals (Euclides et al.,
469 2016). Because the ICLF systems have lower biomass compared to the ICL, with an
470 average of 2649 kg of MS ha⁻¹ (Table 2), the similar response of the ADG occurred
471 due to the grazing method adopted.

472 In both seasons, the ICL system presented a higher SR than the systems with
473 trees (Table 4), due to the higher values of biomass and forage volumetric density
474 (Table 2), due to the adequate adjustment of the stocking rate. For these variables,
475 the ICLF systems were statistically similar. Thus, it is observed that due to the
476 arboreal arrangements used, with a consequent reduction in the PAR, a gradual
477 decrease in the SR occurred (Table 4).

478 The higher SR observed during the summer compared to the autumn,
479 according to Flores et al. (2008), is due to the need for a greater number of animals
480 to maintain the forage at the appropriate height, due to the better climatic
481 conditions (Paris et al., 2009), since, during the autumn, the development of forage
482 tends to decrease with environmental limitations, which restrict its development
483 (Santos et al., 2011).

484 With the same ADG between the systems, the response of the GPA varied,
485 mainly due to the SR used. Thus, the best response in GPA was achieved in the ICL
486 system, in relation to ICLF-28 and ICLF-22 (Table 4) thanks to the higher ICL SR in
487 both seasons. This proved that the tree systems could not sustain the same animal
488 productivity when compared to the ICL system. Oliveira et al. (2014), evaluating the
489 performance of Nellore heifers in agroforestry systems, observed that environments
490 with lower tree densities favor a higher GPA, compared to environments with higher
491 tree density.

492 The UET values of the ICLF systems were the same and varied by 1% in

493 relation to the ICL system. Considering that the planned thinning carried out in these
494 systems in 2017 removed half of the trees from the initial system for timber sale,
495 and that economic feasibility studies show viable returns (Pereira et al., 2019), they
496 are indicative that ICLF systems are an alternative for diversification in cattle
497 ranching areas.

498

499 **5. Conclusions**

500 The density of trees on integrated systems negatively affected the availability
501 of forage in the summer, decreasing the stocking rate and weight gain per area.
502 However, it positively affected crude protein content and digestibility of forage in
503 the fall and did not change the average daily gain of the animals.

504 The use efficiency of the systems was similar among the integrated systems,
505 even though ICLF systems show some losses on forage and animal performance.
506 Once these limitations become known, quantified and accounted for, they could be
507 compensated by other system's gains, such as environmental services, remaining
508 ICLF as an alternative when diversification is necessary on cattle ranching areas.

509

510 **REFERENCES**

511 Almeida, R. G.; Barbosa, R. A.; Zimmer, A. H. and Kichel, A. N. 2011. Forrageiras em
512 sistemas de produção de bovinos em integração. p. 25-35. In: Bungenstab, D. J. (ed.).
513 Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável. Campo
514 Grande, MS: Embrapa Gado de Corte.

515 Alves de Brito, C. J. F.; Rodella, R. A. and Deschamps, F. C. 2003. Chemical profile of
516 cell wall and its implications on *Brachiaria brizantha* and *Brachiaria humidicola*

- 517 digestibility. Revista Brasileira de Zootecnia 32:1835- 1844.
518 <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982003000800005>
- 519 Andrade, A. S.; Santos, P. M.; Pezzopane, J. R. M.; Araújo, L. C.; Pedreira, B. C.; Pedreira,
520 C. G. S.; Marin, F. R. and Lara, M. A. S. 2016. Simulating tropical forage growth and
521 biomass accumulation: an overview of model development and application. Grass
522 and Forage Science 71:54-65. <https://doi.org/10.1111/gfs.12177>
- 523 Aranha, H. S.; Andrighetto, C.; Lupatini, G. C.; Bueno, L. G. F.; Trivelin, G. A.; Mateus,
524 G. P.; Luz, P. A. C.; Santos, J. M. F.; Sekiya, B. M. S. and Vaz, R. F. 2019. Produção e
525 conforto térmico de bovinos da raça Nelore terminados em sistemas integrados de
526 produção agropecuária. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia
527 71:1686-1694. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9913>
- 528 Baêta, F. C. 1985. Responses of lactating dairy cows to the combined effects of
529 temperature, humidity and wind velocity in the warm season. Thesis (Ph.D.).
530 University of Missouri, Columbia.
- 531 Balbino, L. C.; Barcellos, A. O. and Stone, L. F. 2011. Marco referencial: integração
532 lavoura-pecuária-floresta. ed. Embrapa, Brasília, DF.
- 533 Balbinot Junior, A. A.; Moraes, A.; Veiga, M.; Pelissari, A. and Dieckow, J. 2009.
534 Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. Ciência Rural
535 39:1925-1933. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000107>
- 536 Baldissera, T. C.; Pontes, L. S.; Giotri, A. F.; Barro, R. S.; Lustosa, S. B. C.; Moraes, A.
537 end Carvalho, P. C. F. 2016. Sward structure and relationship between canopy height
538 and light interception for tropical C4 grasses growing under trees. Crop and Pasture

- 539 Science 67:1199-1207. <http://dx.doi.org/10.1071/CP16067>
- 540 Barros, J. S.; Meirelles, P. R. L.; Gomes, V. C.; Pariz, C. M.; Fachiolli, D. F.; Santana, E. A.
541 R.; Gomes, T. G. J.; Costa, C.; Castilhos, A. M. end Souza, D. M. 2019. Valor nutritivo do
542 capim-xaraés em três intensidades luminosas. Arquivo Brasileiro de Medicina
543 Veterinária e Zootecnia 71:1703-1711. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10801>
- 544 Bernardino, F. S. end Garcia, R. 2009. Sistemas silvipastoris. Pesquisa Florestal
545 Brasileira 60:77-87. <https://doi.org/10.4336/2009.pfb.60.77>
- 546 Bond, T. E. and Kelly, C. F. 1955. The globe thermometer in agriculture research.
547 Agricultural Engineer 36:251-260.
- 548 Braz, F. P.; Mion, T. D. and Gameiro, A. H. 2012. Análise socioeconômica comparativa
549 de sistemas de integração lavoura-pecuária em propriedades rurais nas regiões sul,
550 sudeste e centro-oeste do brasil. Informações Econômicas 42:2.
- 551 Carvalho, W. T. V.; Minighin, D. C.; Gonçalves, L. C.; Villanova, D. F. Q.; Mauricio, R. M.
552 and Pereira, R. V. G. 2017. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão.
553 PUBVET 11:1036-1045. <http://dx.doi.org/10.22256/PUBVET.V11N10.1036-1045>
- 554 Castro, C. R. T. end Paciullo, D. S. C. 2011. Forrageiras tropicais tolerantes ao
555 sombreamento. p. 1-45. In: Jornada da produção ecológica de ruminantes no
556 semiárido. Anais... Mossoró: UFERSA.
- 557 Cruz, N. T.; Pires, A. J. V.; Fries, D. D.; Jardim, R. R.; Sousa, B. M. L.; Dias, D. L. S.;
558 Bonomo, P.; Ramos, B. L. P. and Sacramento, M. R. S. V. 2021. Fatores que afetam as
559 características morfogênicas e estruturais de plantas Forrageiras. Research, Society
560 and Development 10:7. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16180>

- 561 Deinum, B.; Sulastri, R. D.; Zeinab, M. H. J. and Maassen, A. 1996. Effects of light
562 intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria*
563 *brizantha* and *Panicum maximum* var. *trichoglume*). Netherlands Journal of
564 Agricultural Science 44:111-124. <https://doi.org/10.18174/njas.v44i2.551>
- 565 Euclides, V. P. B.; Macedo, M. C. M.; Valle, C. B.; Difante, G. S.; Barbosa, R. A. and Cacere,
566 E. R. 2009. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de
567 *Brachiaria brizantha*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 44:98-106.
568 <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000100014>
- 569 Euclides, V. P. B.; Montagner, D. B.; Barbosa, R. A.; Do Valle, C. B. and Nantes, N. N.
570 2016. Animal performance and sward characteristics of two cultivars of *Brachiaria*
571 *brizantha* (BRS Paiaguás and BRS Piatã). Revista Brasileira de Zootecnia 5:85-92.
572 <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000300001>
- 573 Favare, H. G.; Tsukamoto Filho, A. A.; Brito Da Costa, R.; Pasa, M. C. and Favare, L. G.
574 2018. Desempenho de forrageiras em sistema silvipastoril com *Caryocar brasiliense*
575 Camb. Cultura Agronômica 27:340-353. [https://doi.org/10.32929/2446-](https://doi.org/10.32929/2446-8355.2018v27n3p340-353)
576 [8355.2018v27n3p340-353](https://doi.org/10.32929/2446-8355.2018v27n3p340-353)
- 577 Flores, R. S.; Euclides, V. P. B.; Abrão, M. P. C.; Galbeiro, S.; Difante, G. S. and Barbosa,
578 R. M. 2008. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais
579 dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. Revista
580 Brasileira de Zootecnia 37:1355-1365. [https://doi.org/10.1590/S1516-](https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000800004)
581 [35982008000800004](https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000800004)
- 582 Fontana, D. C.; Alves, G. M.; Roberti, D.; Moraes, O. L. L. and Gerhardt, A. 2012.
583 Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela cultura da soja

- 584 através de dados do sensor Modis. *Bragantia* 71:563-571.
585 <https://doi.org/10.1590/S0006-87052012000400015>
- 586 Garcia, R. and Andrade, C. M. S. 2001. Sistemas silvipastoris na Região Sudeste.
587 p.173-187. In: Carvalho, M. M.; Alvim, M. J. and Carneiro, J. C. (ed.). Sistemas
588 agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e
589 subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL; FAO.
- 590 Gamarra, E. L.; Morais, M. G.; Almeida, R. G.; Paludetto, N. A.; Pereira, M. and Oliveira,
591 C. C. 2017. Beef cattle production in established integrated systems. *Semina:*
592 *Ciências Agrárias* 38:3241-3252. [https://doi.org/10.5433/1679-](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n5p3241)
593 [0359.2017v38n5p3241](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n5p3241)
- 594 Geremia, E. V.; Crestani, S.; Mascheroni, J. D. C.; Carnevalli, R. A.; Mourão, G. B. and Da
595 Silva, S. C. 2018. Sward structure and herbage intake of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã
596 in a crop-livestock-forestry integration área. *Livestock Science* 212:83-92.
597 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.03.020>
- 598 Glatzle, S.; Stuerz, S.; Giese, M.; Pereira, M.; Almeida, R. G.; Bungenstab, D. J.; Macedo,
599 M. C. M. and Asch, F. 2021. Seasonal dynamics of soil moisture in an integrated-crop-
600 livestockforestry system in Central-West Brazil. *Agriculture* 11:245.
601 <https://doi.org/10.3390/agriculture11030245>
- 602 Gobbi, K. F.; Garcia, R.; Garcez Neto, A. F.; Pereira, O. G.; Ventrella, M. C. and Rocha, G.
603 C. 2009. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-
604 braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. *Revista*
605 *Brasileira de Zootecnia* 38:1645-1654. [https://doi.org/10.1590/S1516-](https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000900002)
606 [35982009000900002](https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000900002)

- 607 Gomes, F. J.; Pedreira, B. C.; Santos, P. M.; Bosi, C.; Lulu, J. and Pedreira, C. G. S. 2020.
608 Microclimate effects on canopy characteristics of shaded palisadegrass pastures in
609 a silvopastoral system in the Amazon biome of central Brazil. *European Journal of*
610 *Agronomy* 115. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126029>
- 611 Guenni, O.; Seiter, S. and Figueroa, R. 2008. Growth responses of three *Brachiaria*
612 species to light intensity and nitrogen supply. *Tropical Grassland* 42:75-87.
- 613 Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ. 2020. Relatório anual. São Paulo, SP:
614 FGV/IBRE/IBÁ. [https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-](https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf)
615 [2020.pdf](https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf). Accessed on: mar. 2022.
- 616 Kichel, A. N.; Costa, J. A. A.; Almeida, R. G. and Paulino, V. T. 2014. Sistemas de
617 integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) - experiências no Brasil. *Boletim de*
618 *Indústria Animal* 71:94-105. <https://doi.org/10.17523/bia.v71n1p94>
- 619 Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Editora Rima. 531 p.
- 620 Leonel, F. P.; Pererira, J. C.; Costa, M. G.; Marco Júnior, P.; Lara, L. A. and Queiroz, A.
621 C. 2009. Comportamento produtivo e características nutricionais do capim-
622 braquiária cultivado em consórcio com milho. *Revista Brasileira de Zootecnia*
623 38:177-189. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100022>
- 624 Lopes, C. M.; Paciullo, D. S. C.; Araújo, S. A. C.; Gomide, C. A. M.; Morenz, M. J. F. and
625 Villela, S. D. J. 2017. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de
626 capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. *Arquivo*
627 *Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 69:225-233.
628 <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9201>

- 629 Macedo, M. C. M. 2009. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações
630 tecnológicas. Revista Brasileira de Zootecnia 38:133-146.
631 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300015>
- 632 Marten, G. C.; Shenk, J. S. and Barton, F. E. 1985. Near infrared reflectance
633 spectroscopy (NIRS), analysis of forage quality. Washington: USDA; ARS, 110p.
634 (Agriculture Handbook, 643).
- 635 Martins, D. C.; Villela, S. D. J.; Almeida, R. G.; Araújo, S. A. C.; Silva, L. D.; Paschoaloto,
636 J. R. and Martins, P. G. M. A. 2020. Animal performance and nutritional
637 characteristics of Piatã-grass in integrated systems. Arquivo Brasileiro de Medicina
638 Veterinária e Zootecnia 72:1027-1033. [http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-](http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-11065)
639 [11065](http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-11065)
- 640 Martins, A. C. F.; Schiavini, I.; Araújo, G. M. and Lopes, S. F. 2015. Capacidade
641 adaptativa de espécies do cerrado utilizadas em áreas de recuperação ambiental.
642 Revista Árvore 39:543-550. [http://dx.doi.org/10.1590/0100-](http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000300015)
643 [67622015000300015](http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000300015)
- 644 Mead, R. and Willey, R. W. 1980. The concept of a 'Land Equivalent Ratio' and
645 advantages in yields from intercropping. Experimental Agriculture 16:217-228.
646 <https://doi.org/10.1017/S0014479700010978>
- 647 Medeiros, S. R.; Dias, F. R. T. and Malafaia, G. C. 2021. A carne brasileira e sua
648 competitividade no mercado internacional. Boletim CiCarne, Campo-Grande, MS,
649 EMBRAPA. [https://www.cicarne.com.br/wp-content/uploads/2021/05/Boletim-](https://www.cicarne.com.br/wp-content/uploads/2021/05/Boletim-CiCarne-43-2021.pdf)
650 [CiCarne-43-2021.pdf](https://www.cicarne.com.br/wp-content/uploads/2021/05/Boletim-CiCarne-43-2021.pdf). Accessed on: nov. 2021.

- 651 Medeiros, S. R.; Gomes, R. C. and Bungenstab, D. J. 2015. Nutrição de bovinos de
652 corte: fundamentos e aplicações. Brasília, DF: Embrapa.
- 653 Melo, S. P. and Moraes, M. F. 2015. Adubação em pastagens. p. 14-24. In: Filho, A. O.
654 (Org.). Produção e Manejo de bovinos de corte. 1ed. Cuiabá.
- 655 Mishara, A. K.; Tiwari, H. S. and Bhatt, R. K. 2010. Growth, biomass production and
656 photosynthesis of *Cenchrus ciliaris* L. under *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne based
657 silvopastoral systems in semi-arid tropics. Journal of Environmental Biology
658 31:987- 993.
- 659 Mota, F. S. 2001. Climatologia zootécnica. Pelotas: UFPEL, p.104.
- 660 Mott, G. O. and Lucas, H. L. 1952. The design, conduct and interpretation of grazing
661 trials on cultivated and improved pastures. p.1380-1395. In: Proceedings of the
662 Sixth International Grassland Congress. Pennsylvania State College, State College,
663 PA.
- 664 Oliveira, C. C.; Villela, D. S.; Almeida, R. G.; Alves, F. V.; Behling Neto, A. and Martins,
665 P. G. M. A. 2014. Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and
666 nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production
667 systems. Tropical Animal Health and Production 46:167-172.
668 <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-013-0469-1>
- 669 Ongaratto, F. and RomanzinI, E. P. 2021. Ecosistema pastoril: serviços
670 ecossistêmicos, características do dossel e emissão de gases do efeito estufa. p. 83-
671 107. In: Oelke, C. A.; Moraes, G. F.; Galati, R. L. (Org.). Zootecnia Pesquisa e Práticas
672 Contemporâneas, ed. São Paulo.

- 673 Paciullo, D. S. C.; Campos, N. R.; Gomide, C. A. M.; Castro, C. R. T.; Tavela, R. C. and
674 Rossiello, R. O. P. 2008. Crescimento do pasto de capim-braquiária influenciado pelo
675 nível de sombreamento e pela a estação do ano. Pesquisa Agropecuária Brasileira
676 43:317-323. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000700017>
- 677 Paciullo, D. S. C.; Carvalho, C. A. B.; Aroeira, L. J. M. Morenz, M. J. F.; Lopes, F. C. F. and
678 Rossiello, R. O. P. 2007. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob
679 sombreamento natural e a sol pleno. Pesquisa Agropecuária Brasileira 42:573-579.
680 <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000400016>
- 681 Paciullo, D. S. C.; Fernandes, P. B.; Gomide, C. A. M.; Castro, C. R. T.; Sobrinho, F. S. and
682 Carvalho, C. A. B. 2011. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to
683 nitrogen dose and shade. Revista Brasileira de Zootecnia 40:270-276.
684 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000200006>
- 685 Paciullo, D. S. C.; Gomide, C. A. M.; Castro, C. R.T.; Maurício, R. M.; Fernandes, P. B. and
686 Morenz, M. J. F. 2016. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum*
687 *maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. Grass and
688 Forage Science 72:590-600. <http://doi.wiley.com/10.1111/gfs.12264>
- 689 Paris, W.; Cecato, U.; Branco, A. F.; Barbero, L. M. and Galbeiro, S. 2009. Produção de
690 novilhas de corte em pastagem de Coastcross-1 consorciada com *Arachis pintoi* com
691 e sem adubação nitrogenada. Revista Brasileira de Zootecnia 38:122-129.
692 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100016>
- 693 Pereira, M. 2017. Produtividade forrageira, degradabilidade ruminal do capim-piatã
694 (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) e desempenho de bovinos de corte em sistemas
695 de integração lavoura-pecuária-floresta. Dissertação, Universidade Federal de Mato

696 Grosso do Sul, Campo Grande.

697 Pereira, M.; Bungenstab, D. J.; Almeida, R. G. and Schwartz, H. J. 2014. An agro-silvo-
698 pastoral production system in Brazil. Tropentag 2014, Prague, Czech Republic, 17-
699 19. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.4501.8883>

700 Pereira, M.; Morais, M. G.; Fernandes, P. B.; Santos, V. A. C.; Glatzle, S. and Almeida, R.
701 G. 2021. Beef cattle production on Piatã grass pastures in silvopastoral systems,
702 Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales 9:1-12.
703 [http://dx.doi.org/10.17138/TGFT\(9\)1-12](http://dx.doi.org/10.17138/TGFT(9)1-12)

704 Pereira, M. A.; Almeida, R. G. and Laura, V. A. 2019. Análises econômicas de sistemas
705 de Integração Lavoura-Pecuária e Lavoura-Pecuária-Floresta, em Campo Grande,
706 MS. p. 62-67. In: Pereira, M. A. (Org.). Avaliação econômica de sistemas de Integração
707 Lavoura-Pecuária-Floresta: as experiências da Embrapa. Campo Grande, MS:
708 Embrapa Gado de Corte.

709 Quintino, A. C.; Abreu, J. G.; Almeida, R. G.; Macedo, M. C. M.; Cabral, L. S. and Galati,
710 R. L. 2013. Production and nutritive value of piatã grass and hybrid sorghum at
711 different cutting ages. Acta Scientiarum. Animal Sciences 35:243-249.
712 <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i3.18016>

713 Rodrigues, R. C.; Sousa, T. V. R.; Melo, M. A. A.; Araújo, J. S.; Lana, R. P; Costa, C. S.;
714 Oliveira, M. E.; Parente, M. O. M. and Sampaio, I. B. M. 2014. Agronomic, morphogenic
715 and structural characteristics of tropical forage grasses in northeast Brazil. Tropical
716 Grasslands - Forrajes Tropicales 2:214-222.
717 [https://doi.org/10.17138/TGFT\(2\)214-222](https://doi.org/10.17138/TGFT(2)214-222)

- 718 Santana, E. A. R.; Costa, C.; Meirelles, P. R. L.; Andrighetto, C.; Mateus, G. P.; Luz, P. A.;
719 Aranha, A. S.; Lupatini, G. C.; Fialho, C. A. and Aranha, H. S. 2021. Influence of
720 integrated crop-livestock-forest on morphological composition and nutritional
721 value of Marandu palisadegrass under continuous grazing. *Semina: Ciências*
722 *Agrárias* 42:3415-3430. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6p3415>
- 723 Santos, A. R. M.; Gomes, F. J.; Ximenes, E. S. O. C.; Aragão, W. F. D. X. and Silva, A. C.
724 2020. Efeito do ambiente luminoso em forrageiras de clima tropical em sistemas
725 silvipastoris. *Nativa* 8:633-642. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i5.10883>
- 726 Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Oliveira, J. B.; Coelho, M.
727 R.; Lumbreras, J. F. and Cunha, T. J. F. 2006. Sistema brasileiro de classificação de
728 solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- 729 Santos, M. E. R.; Fonseca, D. M.; Silva, G. P.; Pimentel, R. M.; Carvalho, V. V. and Silva,
730 S. P. 2010. Estrutura do pasto de capim-braquiária com variação de alturas. *Revista*
731 *Brasileira de Zootecnia* 39:2125-2131. [https://doi.org/10.1590/S1516-](https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001000004)
732 [35982010001000004](https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001000004)
- 733 Santos, M. E. R.; Gomes, V. M.; Fonseca, D. M.; Albino, R. L.; Silva, S. P. and Santos, A.
734 L. 2011. Número de perfis do capim-braquiária em regime de lotação contínua.
735 *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 33:1-7.
736 <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i1.10440>
- 737 Schuster, M. Z.; Lustosa, S. B. C.; Pelissari, A.; Harrison, S. K.; Sulc, R. M.; Deiss, L.;
738 Lang, C. R.; Carvalho, P. C. F.; Gazziero, D. L. P. and Moraes, A. 2019. Optimizing forage
739 allowance for productivity and weed management in integrated crop-livestock
740 systems. *Agronomy for Sustainable Development* 39:18.

- 741 <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0564-4>
- 742 Silva, D. J. and Queiroz, A. C. 2009. Análise de Alimentos: métodos químicos e
743 biológicos. 3^a. ed. Viçosa, MG: UFV.
- 744 Silva, J. W. T.; Souza, B. M. L. and Silva, C. M. 2020. Sistema de integração lavoura-
745 pecuária-floresta (ILPF). *Ciência Animal* 30:71-84.
- 746 Silva, R. G. 2000. Introdução a bioclimatologia animal. São Paulo: Nobel, p. 286.
- 747 Simioni, T. A.; Hoffmann, A.; Gomes Junior, F.; Mousquer, C. J.; Teixeira, U. H. G.;
748 Fernandes, G. A.; Botini, L. A. and Paula, D. C. 2014. Senescência, remoção,
749 translocação de nutrientes e valor nutritivo em gramíneas tropicais. *Publicações em*
750 *Medicina Veterinária e Zootecnia* 8:1742.
- 751 Sousa, L. F.; Maurício, R. M.; Gonçalves, L. C.; Saliba, E. O. S. and Moreira, G. R. 2007.
752 Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema
753 silvipastoril. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 59:1029-1037.
754 <https://doi.org/10.1590/S0102-09352007000400032>
- 755 Souza, C. F.; Tinôco, I. F. F.; Baêta, F. C.; Ferreira, W. P. M. and Silva, R. S. 2002.
756 Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. *Ciência*
757 *e Agrotecnologia* 26:157-164.
- 758 Souza Filho, W.; Nunes, P. A. A.; Barro, R. S.; Kunrath, T. R.; Almeida, G. M.; Genro, T.
759 C. M.; Bayer, C. and Carvalho, P. C. F. 2019. Mitigation of enteric methane emissions
760 through pasture management in integrated crop-livestock systems: Trade-offs
761 between animal performance and environmental impacts. *Journal of Cleaner*
762 *Production* 213:968-975. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.245>

763 Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca: Cornell University
764 6 Press. p. 476.

765 Willey, R. W. and Osiru, D. S. O. 1972. Studies on mixtures of maize and beans
766 (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. The Journal of
767 Agricultural Science 79:517-529. <https://doi.org/10.1017/S0021859600025909>

768

769 **CAPÍTULO 3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

770

771 O desenvolvimento sustentável é uns dos paradigmas mais discutidos
772 atualmente. Em âmbito mundial, é nítido observar os impactos econômicos,
773 sociais e ambientais ocasionados pela atual conjuntura da degradação
774 ambiental. Com isso, a busca por práticas de manejos racionais e pesquisas que
775 promovam a sustentabilidade são cada vez mais requeridas. Neste contexto, o
776 sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), tem-se demonstrado
777 uma alternativa capaz de otimizar o uso das áreas degradadas, combinando
778 cultivos agrícolas, pecuários e arbóreos, de forma simultânea e/ou sequencial,
779 gerando benefícios como aumento de matéria orgânica, sequestro de carbono
780 pelo solo, melhoria das condições microclimáticas e do bem-estar animal, além
781 de atender à demanda da população por produtos sustentáveis.

782 Nesse estudo buscou-se evidenciar os impactos positivos da produção
783 do capim-piatã e da produção pecuária em sistemas integrados de produção
784 agropecuária no cerrado brasileiro. Os resultados obtidos foram satisfatórios em
785 termos produtivos, confirmando o favorecimento do desenvolvimento do capim-
786 piatã, além do acréscimo da produtividade de bovinos de corte e aumento da
787 taxa de lotação em sistema de ILP.

788 Entretanto, por se tratar de uma tecnologia com alta complexidade,
789 estudos complementares são indispensáveis para melhor compreensão da
790 produção pecuária dentro do sistema de produção sustentável. Desta maneira,
791 os resultados deste estudo poderão despertar o interesse de trabalhos futuros
792 em busca de novos conhecimentos para maior difusão e adoção do sistema de
793 integração.