

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

DESEMPENHO PRODUTIVO DE ANIMAIS NELORE EM
SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO VISANDO UMA PECUÁRIA
DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

Acadêmico: Leonardo Moreira Fernandes

Aquidauana – MS
Setembro/2023

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

DESEMPENHO PRODUTIVO DE ANIMAIS NELORE EM
SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO VISANDO UMA PECUÁRIA
DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

Acadêmico: Leonardo Moreira Fernandes

Orientador: Roberto Giolo de Almeida

“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
Setembro/2023

F399d Fernandes, Leonardo Moreira

Desempenho produtivo de animais Nelore em sistemas de integração visando uma pecuária de baixa emissão de carbono / Leonardo Moreira Fernandes. – Aquidauana, MS: UEMS, 2023.

51 p.

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2023.

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, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL**

LEONARDO MOREIRA FERNANDES

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

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 14/09/2023.

Documento assinado digitalmente
 **ROBERTO GIOLO DE ALMEIDA**
Data: 18/09/2023 15:50:06-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr. Roberto Giolo de Almeida (Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO DA COSTA GOMES**
Data: 18/09/2023 16:54:11-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr. Rodrigo da Costa Gomes, Embrapa

Documento assinado digitalmente
 **PEDRO NELSON CESAR DO AMARAL**
Data: 18/09/2023 07:52:33-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr. Pedro Nelson Cesar do Amaral, UEMS

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e por ser o meu porto seguro nos momentos de maior aflição e de alegrias.

À minha família, que em todos os momentos me deram o apoio necessário para continuar a realizar a pesquisa.

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Embrapa e Fundect pela possibilidade e fomento à educação e pesquisa.

Ao meu orientador Roberto Giolo de Almeida por todos os esforços durante esse período para que tudo ocorresse da melhor forma possível.

À Carol e Rodrigo que fizeram parte do comitê de orientação e que permitiram que o trabalho a campo e escrito me fossem ensinados e utilizados para a conclusão de todo o trabalho.

Àqueles que, durante esses anos, foram responsáveis por acompanhar de perto o desenvolvimento dos experimentos e dos trabalhos. Muitos foram os que me ajudaram nesse processo, dos quais são: José Lobo, Arami, Beto, Odivaldo, Paulino, Clodoaldo, Alan e Vagner.

Gostaria de agradecer também aos estagiários que estiveram ao meu lado durante as atividades de laboratório e as de campo. Obrigado Tais, Samuel, Anny, Lilian e Guilherme.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
CAPÍTULO 2 – DESEMPENHO PRODUTIVO DE ANIMAIS NELORE EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO VISANDO UMA PECUÁRIA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO	6
RESUMO	6
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS	11
2.1. Experimento 1 - Fase de recria	11
2.1.1. Área experimental	11
2.1.2. Animais	12
2.1.3. Delineamento experimental	12
2.1.4. Avaliação do componente forrageiro	14
2.1.5. Avaliação do componente animal	16
2.1.6. Análise estatística	17
2.2. Experimento 2 - Fase de Terminação	17
2.2.1. Área experimental	17
2.2.2. Delineamento experimental	17
2.2.3. Animais	18
2.2.4. Avaliação da dieta	19
2.2.5. Análise Estatística	19

	v
3. RESULTADOS.....	20
3.1. Fase de recria	20
3.2. Fase de terminação	28
4. DISCUSSÃO	29
5. CONCLUSÃO	34
6. AGRADECIMENTOS.....	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
CAPÍTULO 3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1. Ilustração dos pontos amostrais no sistema ILPF (Adaptado de Barbosa, 2022)	14
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Altura e cobertura do dossel de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. BRS Piatã em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP), de acordo com o local de amostragem e ciclo de pastejo.....	22
Tabela 2. Biomassa de folhas (kg de MS ha ⁻¹) de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. BRS Piatã em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP), de acordo com o ciclo de pastejo.....	23
Tabela 3. Valores de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) obtidos nos pontos amostrais (A, B e C) em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP).....	24
Tabela 4. Composição nutricional da fração foliar da forrageira <i>Brachiaria brizantha</i> cv. BRS Piatã em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP), ciclo de pastejo e local de amostragem.....	26
Tabela 5. Densidade de lotação, ganho médio diário e ganho de peso vivo por área nos sistemas ILPF e ILP.....	27
Tabela 6. Emissão de metano (CH ₄ , kg/dia), intensidade de emissão de metano por ganho de peso (IE, kg CH ₄ /kg GPV) e por peso metabólico (IE, g CH ₄ /kg ^{0,75}) de bovinos em fase de recria em dois sistemas, ILP e ILPF.....	28
Tabela 7. Peso vivo inicial (kg), peso vivo final (kg) e ganho médio diário (g) de bovinos nelore em terminação com ração total misturada (RTM).....	28
Tabela 8. Emissão de metano (CH ₄ , kg/dia), intensidade de emissão de metano por ganho de peso (IE, kg CH ₄ /kg GPV) e por peso metabólico (IE, g CH ₄ /kg ^{0,75}) de bovinos em fase de terminação em dois sistemas, ILP e ILPF.....	29

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o desempenho produtivo e a emissão de metano entérico de animais em sistemas de integração, lavoura-pecuária (ILP) e lavoura-pecuária-floresta (ILPF), durante as fases de recria e terminação. O experimento foi realizado em Campo Grande, MS, em áreas experimentais na Embrapa Gado de Corte, no período de novembro de 2021 a julho de 2022 (recria) e de julho a novembro de 2022 (terminação). Os sistemas eram compostos por *Brachiaria brizantha* e bovinos machos da raça Nelore, sendo que no sistema ILPF o componente florestal foi o *Eucalyptus* sp. Durante a fase de recria, os animais foram manejados em lotação rotacionada, sendo avaliadas as características: altura, cobertura do dossel, biomassa total e de folhas e valor nutritivo do capim, além do ganho médio diário (GMD), ganho por área (GPA), densidade de lotação (DL) e emissão de metano entérico dos animais. Durante a fase de terminação, em semiconfinamento, foram avaliadas: GMD e emissão de metano entérico. Na fase de recria, as características do pasto, como altura, cobertura do dossel, biomassa total e de folhas, de uma maneira geral, foram maiores no sistema ILP em relação ao ILPF, que apresentou um sombreamento médio de 37,3%. Entretanto, o valor nutritivo do capim foi melhor no sistema ILPF em relação ao ILP, com maior teor de proteína bruta e menor de FDN. Quanto ao desempenho animal, não houve diferença no GMD entre os sistemas, mas o sistema ILP apresentou maior GPA e DL do que o ILPF. A intensidade de emissão de metano entérico por peso metabólico foi menor para os animais do sistema ILPF em relação aos do ILP. Na fase de terminação, o GMD e os índices de emissão de metano não diferiram entre os sistemas.

Palavras-chave: Desempenho animal, emissão de metano, produção de forragem, valor nutritivo.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the productive performance and emission of enteric methane from animals in integrated crop-livestock (ICL) and integrated crop-livestock-forest (ICLF) systems, during the growing and finishing phases. The experiment was carried out in Campo Grande, MS, in experimental areas at Embrapa Beef Cattle, from November 2021 to July 2022 (growing) and from July 2022 to November 2022 (finishing). The systems were composed of *Brachiaria brizantha* and Nellore steers, and in the ICLF system the tree component was *Eucalyptus* sp. During the rearing phase, the animals were managed in rotated stocking, and the characteristics were evaluated: height, canopy coverage, total and leaf biomass and nutritional value of grass, in addition to the average daily gain (ADG), gain per area (GPA), stocking density (SD) and enteric methane emission from the animals. During the finishing phase, in semi-feedlot, the following were evaluated: ADG and enteric methane emission. In the growing phase, pasture characteristics, such as height, canopy coverage, total and leaf biomass, in general, were greater in the ICL system compared to the ICLF, which presented an average shading of 37.3%. However, the nutritional value of the grass was better in the ICLF system compared to the ICL, with a higher crude protein and lower NDF content. Regarding animal performance, there was no difference in ADG between the systems, but the ICL system presented higher GPA and SD than the ICLF system. The intensity of enteric methane emission per metabolic weight was lower for animals in the ICLF system compared to those in the ICL system. In the finishing phase, the GMD and methane emission rates did not differ between the systems.

Key words: Animal performance, forage production, methane emission, nutritive value.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um importante país no cenário mundial de produção de carne bovina com um rebanho estimado em 202 milhões de cabeças, com 10,79 toneladas de equivalente-carcaça (TEC) provenientes do abate de 42,31 milhões de cabeças, sendo 18,2% oriundas de confinamentos e 81,8% de animais à pasto, em 2022 (ABIEC, 2023). A participação do país em produção de carne caminha juntamente com o aumento de práticas e tecnologias que promovem preservação da vegetação nativa e aumento da produção de lavouras e pastagens. No Brasil, cerca de 208 milhões de hectares (ha) são de uso agropecuário e segundo estimativas da safra 2020/2021, cerca de 17,5 milhões de ha são de áreas com sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (REDE ILPF, 2022). Entretanto, o tamanho do rebanho bovino brasileiro tem sido alvo de pressão internacional, quando relacionado ao desmatamento e a pastagens degradadas, pelo seu potencial de emissão de gases de efeito estufa (GEEs) (ASSAD et al., 2012; ALMEIDA et al., 2023).

A pecuária brasileira contribui ao Produto Interno Bruto (PIB) com o equivalente a 12 bilhões de reais, apesar da retração de 1,82% do ano de 2022 em relação a 2021 (CNA, 2022). A produção de carne a pasto apresentou melhorias quanto ao manejo da pastagem e, no período de 2000 a 2020, foi possível observar que as áreas que estavam em processo de degradação caíram de 70% para 53%. Em 2000, existiam 46,3 milhões de hectares com pastagens severamente degradadas (29%) e, em 2020, foram reduzidas para 22,1 milhões de hectares (14%). Na avaliação por bioma, a diminuição dos níveis de degradação de pastagens foi de 25,6% para o Pantanal, 52% para a Mata Atlântica, 56,4% para o Cerrado e 60% para a Amazônia (MAPBIOMAS, 2021).

A terminação intensiva é uma das tecnologias estimuladas pelo Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono do MAPA (Plano ABC+), sendo uma alternativa de manejo que visa o ganho de peso dos animais na etapa final de criação, superando a sazonalidade da produção forrageira, que vem ganhando

destaque no Brasil devido à disponibilidade de insumos, demanda alimentar e redução da emissão de GEEs, que gera necessidade de menores áreas voltadas à produção de carne a pasto (BENTO, 2022).

2. REVISÃO DE LITERATURA

Em 2009, o Brasil se comprometeu durante a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP-15) a seguir diretrizes para o aumento da sustentabilidade dos diversos setores da economia, com base nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ALMEIDA; MEDEIROS, 2013). Já em 2022, durante a COP-26, houve discussões sobre a busca pela mitigação das emissões de GEEs, proteção dos ecossistemas dos países afetados pelas alterações climáticas, busca por fundos para a realização dessas medidas e cooperação global. Houve ainda a assinatura do documento final que regulamentou cláusulas do Acordo de Paris e instrumentos de mercado de carbono, sendo que o Brasil ratificou seus compromissos para alcançar sustentabilidade climática (TIRADENTES, 2021; RIDELENSKY; SANTOS, 2022).

Dessa forma, diversas instituições públicas e privadas se comprometeram a contribuir com as ações de descarbonização no Brasil. Dentre as iniciativas tomadas, para a cadeia da carne bovina, a Embrapa contribuiu com as marcas e certificações conhecidas como Carne Carbono Neutro (CCN) e Carne Baixo Carbono (CBC), de forma a impulsionar a implementação de sistemas de integração. A marca CCN tem como objetivo atestar a neutralização do metano emitido pelos bovinos produzidos em sistemas de ILPF e IPF com todos os processos parametrizados e auditáveis, já a marca CBC possibilita a mitigação de parte do metano emitido pelos animais por meio do sequestro de carbono realizado pelo solo com pastagens intensificadas e pela diminuição da idade ao abate, como ocorre no sistema de ILP (EMBRAPA, 2019).

Os sistemas de integração consistem na realização de diversas atividades envolvendo lavoura, pecuária e/ou floresta, em uma mesma área, visando recuperar terras que estejam em processo de degradação, diversificar ou

intensificar a produção. Os modelos de sistemas de integração são: integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-floresta (ILF) e integração pecuária-floresta (IPF). Estes sistemas permitem uma melhoria na eficiência de uso dos recursos, de forma que a qualidade e a quantidade de produção sejam aumentadas em detrimento das áreas de vegetação nativa (BEHLING et al., 2013). A interação dos componentes do sistema, principalmente com a presença de forrageiras, permite elevar o teor de carbono orgânico no solo em camadas superficiais contribuindo para compensar as emissões de GEEs e melhorar a qualidade do solo para produção (BALBINO et al., 2012; SILVA et al., 2016).

Em 2021, o governo de Mato Grosso do Sul e a Secretaria de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar por meio do decreto que regulamenta Lei Estadual nº 4.555/2014, instituiu a Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC e Plano Estadual MS Carbono Neutro – PROCLIMA. Dentre os diversos objetivos da lei está a redução da emissão de metano entérico de animais de produção, de forma que seja possível atingir as metas planejadas para o ano de 2030, que consiste em levar o Estado com emissão líquida zero ou carbono neutro, em alinhamento às ODS: fome zero e agricultura sustentável (ODS-2), cidades e comunidades sustentáveis (ODS-11), consumo e produções sustentáveis (ODS-12), ação contra a mudança global do clima (ODS-13), e ao Plano ABC+ (MATO GROSSO DO SUL, 2021).

Dentre os diversos subprogramas oriundos das políticas em relação ao clima no Estado de Mato Grosso do Sul se destaca o Precoce MS que prevê a redução de idade ao abate dos animais e menor emissão de carbono na produção de carne bovina com o uso de tecnologias e boas práticas agropecuárias para obtenção da sustentabilidade (AMARAL et al., 2021). De acordo com Gomes et al. (2023) entre os anos de 2016 a 2022 foram abatidos 23,2 milhões de animais, em média aos 41,9 meses, resultando em uma redução de 1,15 Mt ano⁻¹ de CO₂ eq.

A possibilidade de maior utilização de suplementação para a dieta dos animais fez com que sistemas de terminação em confinamento e semiconfinamento se tornassem mais usuais para proporcionar maior qualidade

de carcaça e da carne, e maior ganho financeiro para o produtor (CARVALHO; DE ZEN, 2017). Albani et al. (2021) ao avaliarem trabalhos produzidos em confinamento, observaram que a maioria dos animais utilizados para estudo eram da raça Nelore e do total de avaliações, 28,5% foram abatidos com menos de 400 kg, 35,7% com peso inferior a 500 kg e 35,7% com peso acima de 500 kg. Desta forma, a terminação intensiva, assim como a ILPF, foram tecnologias selecionadas pelo Plano ABC+ para atingimento das metas brasileiras de mitigação de GEEs para 2030.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBANI, R. et al. Terminação de bovinos em confinamento com dieta de grãos inteiros de milho. **PUBVET**, v. 16, p. 170, 2021.

ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; GOMES, R. C.; LAURA, V. A.; BUNGENSTAB, D. J. Low carbon beef in ICLS. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 4, 2023, Bento Gonçalves, RS. **Proceedings...** Bento Gonçalves, RS: Aliança SIPA, 2023. 4 p.

ALMEIDA, R. G.; MEDEIROS, S. R. Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento sustentável: 10 anos de pesquisa. **Anais...** Campo Grande: Embrapa, 2013.

AMARAL, T. B.; GOMES, R. C.; ROSA, G. J. M. **Produção de Novilho Precoce no Estado de Mato Grosso do Sul**: Análise exploratória de dados do Programa PROAPE-Precoce MS. Brasília, DF: Embrapa, 2021. 28 p.

ASSAD, E. D.; MARTINS, S. C.; PINTO, H. S. **Sustentabilidade no agronegócio brasileiro**. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES (ABIEC). **Beef Report 2023**. Disponível em: <<https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2023-capitulo-04/>> Acesso em: 04/10/2023.

BALBINO, Luiz Carlos et al. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). **Informações agronômicas**, v. 138, n. 7, p. 1-14, 2012.

BEHLING, M.; WRUCK, F. J.; ANTONIO, D. B. A.; MENEGUCI, J. L. P.; PEDREIRA, B. C.; CARNEVALLI, R. A.; CORDEIRO, L. A.M; GIL, J; NETO, A. L.

F.; DOMIT, L. A.; SILVA, J. F. V. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)**. 2013.

BENTO, R. S. **Terminação de bovinos em confinamento utilizando dieta de alto grão**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia). Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia, GO, 35f. 2022.

CARVALHO, T. B.; DE ZEN, S. A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências. **Revista IPecege**, v. 3, n. 1, p. 85-99, 2017.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA BRASILEIRA (CNA). **PIB do agronegócio**: alta dos custos pressiona PIB do agronegócio no primeiro semestre recuo de 2,48%. p.1–22. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA (EMBRAPA). **ILPF**: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília, DF. 2019. Brasília, DF, p. 31-48. 2019.

GOMES, R. C.; GALVANI, D. B.; MALAFAIA, G. C.; ALMEIDA, R. G.; DELLA VECCHIA, A. C.; BUNGENSTAB, D. J. Contribuição do Programa PROAPE-Precoce à Política Estadual de Mudanças Climáticas e seus possíveis impactos nas emissões de gases de efeito estufa no Estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2023. 20 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 311).

MATO GROSSO DO SUL. Decreto nº 15.798, de 3 de novembro de 2021. Regulamenta o registro público voluntário de emissões anuais de gases de efeito estufa e comunicação Estadual. Mato Grosso do Sul: diário oficial, 2021.

MAPBIOMAS. **Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**: Coleção 6. 2021. Disponível em: https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact_Sheet_PASTAGEM_13.10.2021_ok_ALTA.pdf Acesso em: 03/05/22.

REDE ILPF. **ILPF em números**. 2022. 14 p. Disponível em: https://redeilpf.org.br/images/ILPF_em_Numeros-Safra.pdf Acesso em: 08/05/2023.

RIDELENSKY, J. C. F; SANTOS, A. R. Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL uma coletânea de projetos aprovados no Brasil na última década. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, 2022.

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C. Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) Homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil. **Agropecuária Técnica**, v. 37, n. 1, p. 96-104, 2016.

TIRADENTES, L. COP-26: expectativas para um mundo melhor? **Revista Ponto de Vista**, v. 10, n. 3, 2021.

CAPÍTULO 2 – DESEMPENHO PRODUTIVO DE ANIMAIS NELORE EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO VISANDO UMA PECUÁRIA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

*Artigo redigido conforme as normas da **LIVESTOCK SCIENCE**

Leonardo Moreira Fernandes¹, Caroline Carvalho de Oliveira², Davi José Bungenstab³, Rodrigo da Costa Gomes³, Roberto Giolo de Almeida³

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

²Pós-doutoranda, bolsista da FAPED, Embrapa Gado de Corte, Avenida Rádio Maia, 830, Vila Popular, Campo Grande, MS, 79106-550, Brasil, oliveirac.caroline@gmail.com

³Embrapa Gado de Corte, Avenida Rádio Maia, 830, Vila Popular, Campo Grande, MS, 79106-550, Brasil, davi.bungenstab@embrapa.br, rodrigo.gomes@embrapa.br, roberto.giolo@embrapa.br.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o desempenho produtivo e a emissão de metano entérico de animais em sistemas de integração, lavoura-pecuária (ILP) e lavoura-pecuária-floresta (ILPF), durante as fases de recria e terminação. O experimento foi realizado em Campo Grande, MS, em áreas experimentais na Embrapa Gado de Corte, no período de novembro de 2021 a julho de 2022

(recria) e de julho a novembro de 2022 (terminação). Os sistemas eram compostos por *Brachiaria brizantha* e bovinos machos da raça Nelore, sendo que no sistema ILPF o componente florestal foi o *Eucalyptus sp.* Durante a fase de recria, os animais foram manejados em lotação rotacionada, sendo avaliadas as características: altura, cobertura do dossel, biomassa total e de folhas e valor nutritivo do capim, além do ganho médio diário (GMD), ganho por área (GPA), densidade de lotação (DL) e emissão de metano entérico dos animais. Durante a fase de terminação, em semiconfinamento, foram avaliadas: GMD e emissão de metano entérico. Na fase de recria, as características do pasto, como altura, cobertura do dossel, biomassa total e de folhas, de uma maneira geral, foram maiores no sistema ILP em relação ao ILPF, que apresentou um sombreamento médio de 37,3%. Entretanto, o valor nutritivo do capim foi melhor no sistema ILPF em relação ao ILP, com maior teor de proteína bruta e menor de FDN. Quanto ao desempenho animal, não houve diferença no GMD entre os sistemas, mas o sistema ILP apresentou maior GPA e DL do que o ILPF. A intensidade de emissão de metano entérico por peso metabólico foi menor para os animais do sistema ILPF em relação aos do ILP. Na fase de terminação, o GMD e os índices de emissão de metano não diferiram entre os sistemas.

Palavras-chave: Desempenho animal, emissão de metano, produção de forragem, valor nutritivo.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the productive performance and emission of enteric methane from animals in integrated crop-livestock (ICL) and integrated crop-livestock-forest (ICLF) systems, during the growing and finishing phases. The experiment was carried out in Campo Grande, MS, in experimental areas at Embrapa Beef Cattle, from November 2021 to July 2022 (growing) and from July 2022 to November 2022 (finishing). The systems were composed of *Brachiaria brizantha* and Nellore steers, and in the ICLF system the tree component was *Eucalyptus* sp. During the rearing phase, the animals were managed in rotated stocking, and the characteristics were evaluated: height, canopy coverage, total and leaf biomass and nutritional value of grass, in addition to the average daily gain (ADG), gain per area (GPA), stocking density (SD) and enteric methane emission from the animals. During the finishing phase, in semi-feedlot, the following were evaluated: ADG and enteric methane emission. In the growing phase, pasture characteristics, such as height, canopy coverage, total and leaf biomass, in general, were greater in the ICL system compared to the ICLF, which presented an average shading of 37.3%. However, the nutritional value of the grass was better in the ICLF system compared to the ICL, with a higher crude protein and lower NDF content. Regarding animal performance, there was no difference in ADG between the systems, but the ICL system presented higher GPA and SD than the ICLF system. The intensity of enteric methane emission per metabolic weight was lower for animals in the ICLF system compared to those in the ICL system. In the finishing phase, the GMD and methane emission rates did not differ between the systems.

Key words: Animal performance, forage production, methane emission, nutritive value.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil conta com uma produção de carne bovina de 10,79 milhões de toneladas equivalente-carcaça (TEC) proveniente de um abate de 42,31 milhões de cabeças do total de 202 milhões de animais do rebanho nacional (ABIEC, 2023), desempenhando um papel importante como exportador de carne bovina no cenário mundial, com o equivalente a 88 milhões de dólares de valor em exportação (Rodrigues; Marta-Costa, 2021).

No Brasil, 82,81% dos bovinos são criados à pasto (ABIEC, 2023) e de forma a melhorar o potencial produtivo desses sistemas e torná-los resilientes às mudanças climáticas é necessário planejar e aplicar métodos e tecnologias associados com os princípios da sustentabilidade para as diversas etapas da produção, das quais estão inclusas a recria e a terminação. De forma a acelerar o processo produtivo com o uso de tecnologias, o uso de suplementação se torna comum, porém, não é a única solução principalmente durante o período de terminação quando se utiliza do semiconfinamento para reduzir o tempo do animal no pasto e por propiciar maiores ganhos de peso, resultando em um menor tempo para o abate do bovino (Teixeira Neto et al., 2023). O plano de Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) implantado por meio do Decreto nº 7.390/2010, indica tecnologias como o sistema plantio direto, bioinsumos, sistemas irrigados, florestas plantadas, manejo de resíduos da produção animal, terminação intensiva e uma

das mais importantes, a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) que quando aplicadas promovem a mitigação de Gases de Efeito Estufa (GEEs). Atualmente o Plano ABC está em sua segunda fase (Plano ABC+) e tem como um de seus objetivos, o aumento da área de ILPF em mais 10 milhões de hectares. Já a Rede ILPF pretende estimular um aumento de área dos atuais 17,5 para 35 milhões de hectares (Rede ILPF, 2022). Com a ajuda dos sistemas integrados o plano brasileiro de mitigação de GEEs atual pretende reduzir o CO₂eq emitido pelo setor agropecuário em 1,1 bilhão de toneladas até o ano de 2030.

O sistema de ILPF consiste na utilização de culturas agrícolas, animais e componente arbóreo em uma mesma área, seja ao mesmo tempo ou em momentos diferentes. A meta consiste em implementar todos os sistemas de integração em 30 milhões de hectares (MAPA, 2021). No Brasil, o Mato Grosso do Sul é o estado com maior área de adoção dessa tecnologia, com mais de 3 milhões de hectares (Rede ILPF, 2022), e que implementou uma política pública de enfrentamento às mudanças climáticas, o programa MS Carbono Neutro (Mato Grosso do Sul, 2021). Visto a importância do Brasil no cenário mundial da produção de carne, a realização do presente trabalho possibilita novas repostas em sistemas de integração que poderão contribuir para políticas públicas estaduais e nacionais, visando sistemas pecuários mais produtivos, com menor intensidade de emissão de GEEs e mais adaptados ao cenário de mudanças climáticas.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o desempenho produtivo de bovinos Nelore durante as fases de recria e terminação e suas respectivas emissões de metano entérico, em dois sistemas de integração, ILP e ILPF.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Experimento 1 - Fase de recria

2.1.1. Área experimental

O experimento foi desenvolvido na Embrapa Gado de Corte, localizada em Campo Grande, Mato Grosso do Sul (-20°44'47,0" S, -54°72'33,8" O), em altitude de 530 m, temperatura média de 22,6°C, pluviosidade de 1.560 mm, clima caracterizado como ACw tropical úmido, de acordo com a classificação de *Köppen* (Barbosa, 2022) e em solo classificado como latossolo vermelho distrófico. A área do experimento de longa duração foi implantada em outubro de 2008, em dois sistemas, integração lavoura-pecuária (ILP) e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), quando houve a primeira semeadura de soja. Em janeiro de 2009 o *Eucalyptus urograndis* (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, clone H13) foi plantado no sistema ILPF, em arranjo de 14 x 2 m e densidade de 357 árvores por hectare. Após a colheita da soja, foi implantado o capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) nos dois sistemas. A área permaneceu em uma sequência de rotação compreendendo um ano com a fase de lavoura (soja) e três anos com a fase de pecuária (pastagem de capim-piatã com recria de bovinos de corte). Em 2017, o sistema ILPF sofreu desbaste, com corte de 75% das árvores, passando para um arranjo espacial de 28 x 4 m e 89 árvores por hectare. Cada sistema possui quatro piquetes de aproximadamente 1,4 ha cada. O presente experimento de recria de bovinos de corte foi realizado no período de novembro de 2021 a julho de 2022, sendo adotado o método de pastejo de lotação rotacionada.

2.1.2. Animais

Os animais utilizados para o experimento foram bovinos Nelore de até 10 meses de idade que iniciaram o experimento com peso vivo (PV) médio de 223 kg. O período de ocupação do piquete foi de 7 dias, com 21 dias de repouso, totalizando um ciclo de pastejo de 28 dias. Cada piquete contava com acesso para bebedouro e cocho para suplementação. A suplementação mineral-proteico-energética para os animais apresentava 23% de proteína bruta e 60% de nutrientes digestíveis totais (NDT), e foi fornecida a uma taxa de 3g/kg de PV/dia. Os animais foram pesados a cada 28 dias, após um jejum de líquidos e sólidos de 12 h, em balança eletrônica. Todas as atividades foram aprovadas pela Comissão de Ética para Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Gado de Corte sob o protocolo nº 004/2022.

2.1.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado para avaliação do componente forrageiro foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas sub-subdivididas. Os tratamentos das parcelas consistiram dos sistemas (ILP e ILPF), os tratamentos das subparcelas, os pontos de amostragem da forrageira (A, B e C) e os tratamentos das sub-subparcelas, os ciclos de pastejo (1 ao 8) com duração de 28 dias cada. O modelo matemático utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + S_j + e_{ij} + P_k + SP_{jk} + e_{ijk} + C_l + SC_{jl} + PC_{kl} + SPC_{jkl} + e_{ijkl} \quad (2)$$

Em que:

Y_{ijk} é a variável resposta no i -ésimo bloco do j -ésimo sistema do k -ésimo ponto amostral e l -ésimo ciclo,

μ é a constante,

B_i é o efeito de bloco,

S_j o efeito de sistema,

e_{ij} o erro a,

P_k é o efeito de ponto amostral,

SP_{jk} é o efeito do j -ésimo sistema no k -ésimo ponto amostral.

e_{ijk} o erro b,

SC_{jl} é o efeito do j -ésimo sistema no l -ésimo ciclo,

PC_{kl} é o efeito do k -ésimo ponto amostral no l -ésimo ciclo.

SPC_{jkl} é o efeito do j -ésimo sistema no k -ésimo ponto amostral e no l -ésimo ciclo,

e_{ijkl} o erro residual.

Para avaliação da produção animal e da emissão de metano entérico foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos das parcelas consistiram nos sistemas (ILP e ILPF) e das subparcelas, nos ciclos de pastejo (1 ao 8), sendo o modelo matemático expresso abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + S_j + e_{ij} + C_k + SC_{jk} + e_{ijk} \quad (1)$$

Em que:

Y_{ijk} é a variável resposta no i -ésimo bloco do j -ésimo sistema e k -ésimo ciclo,

μ é a constante,

B_i é o efeito de bloco,

S_j o efeito de sistema,

e_{ij} o erro a,

C_k é o efeito de ciclo,

SE_{jk} é o efeito do j-ésimo sistema no k-ésimo ciclo

e_{ijk} o erro residual.

2.1.4. Avaliação do componente forrageiro

As amostragens da *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã foram realizadas durante o período da manhã, entre as 8:00 e 9:30, em três pontos amostrais do piquete (A, B e C), com distância de dois metros entre si e entre o ponto A e a linha de eucalipto, e duas repetições no sistema ILPF (Figura 1). No ILP a distância entre os três pontos foi mantida igual ao sistema com árvores, porém, o ponto A foi retirado a dois metros da cerca.

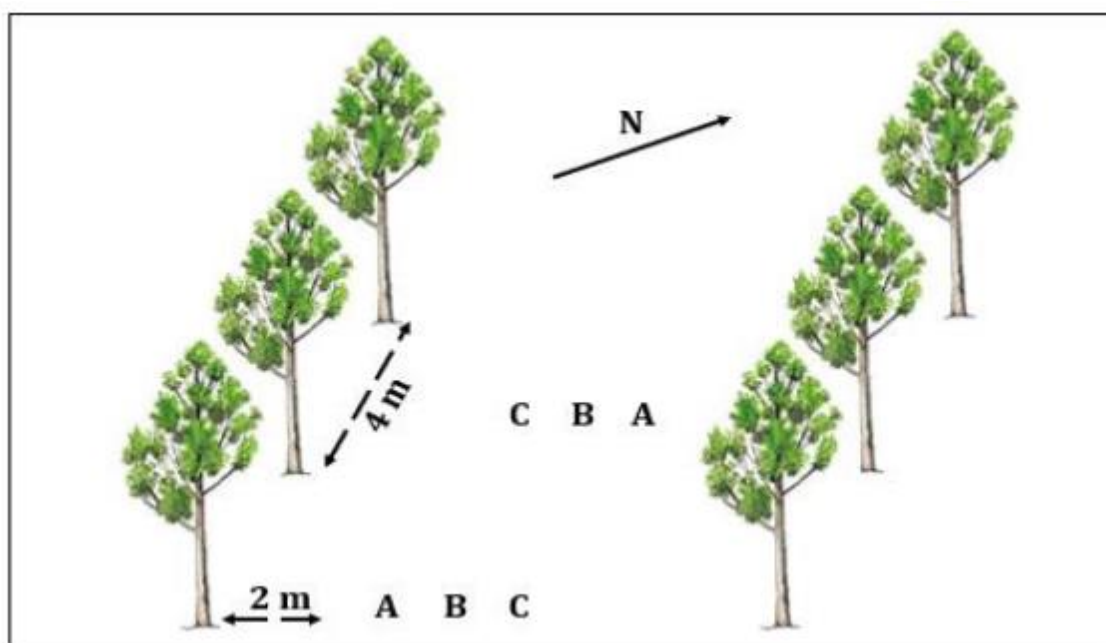


Figura 1. Ilustração dos pontos amostrais no sistema ILPF (Adaptado de Barbosa, 2022).

Em cada um dos pontos amostrais, correspondente a uma área de 1m² cada, duas alturas de plantas foram medidas utilizando-se uma régua graduada em centímetros e estimada a cobertura do dossel forrageiro pelo método de avaliação visual utilizando uma escala de 0% (solo descoberto) até 100% (solo completamente coberto pela forrageira). Para as medidas de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) utilizou-se ceptômetro portátil AccuPAR (Modelo LP – 80) sendo realizadas uma leitura acima do dossel forrageiro, com referência ao sol pleno, e duas abaixo do dossel forrageiro. Logo em seguida, a forrageira foi cortada acima do solo, utilizando uma colheitadeira costal motorizada. As amostras de forragem foram pesadas logo após o corte para obtenção do peso verde, e em seguida, realizada subamostragem representativa de cada ponto amostral. Posteriormente, em laboratório, as subamostras de forragem foram submetidas à separação nas frações lâmina foliar, colmo, inflorescência e material senescente.

Após a separação, cada fração foi acondicionada em um saco de papel, pesado e levado para a estufa de ventilação forçada a 65°C por aproximadamente 72 horas até que tivesse alcançado peso constante, de acordo com Silva e Queiroz (2009). A proporção de cada fração foi expressa em porcentagem da massa seca total. A relação folha:colmo foi obtida dividindo-se o peso seco da lâmina foliar pelo peso seco do colmo. Os componentes: lâmina foliar, colmo e material senescente foram separadamente moídos em um moinho Willey com uma peneira com malha de 20 mm e analisados por espectroscopia de reflectância de luz no infravermelho próximo (NIRS), para quantificar o teor de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade *in vitro*

da matéria orgânica (DIVMO), segundo Marten et al. (1985), determinando assim o valor nutricional de cada fração forrageira.

2.1.5. Avaliação do componente animal

Foram alocados doze animais-teste por sistema, que permaneceram no sistema durante todo o período experimental, e animais reguladores foram adicionados, adotando-se o método “*put and take*” (Mott; Lucas, 1952) com oferta de forragem mínima de 2.000 kg MS ha⁻¹, para ajuste da taxa de lotação de acordo com a disponibilidade de pasto. A cada sete dias os bovinos foram alocados em um piquete diferente (Piquete 1 ao 4, por sistema) de forma que ao final de 28 dias retornavam ao primeiro, caracterizando um ciclo. Ao final de cada ciclo os animais foram submetidos ao jejum de sólidos e líquidos por 12 h, para realização da pesagem. Água e suplemento mineral foram oferecidos *ad libitum*.

Foi calculada a densidade de lotação ou taxa de lotação instantânea a cada entrada de animais no piquete, sendo que a taxa de lotação de cada ciclo corresponde ao valor da densidade de lotação média dividida pela área total, de quatro piquetes e o ganho médio diário (GMD, em g) e o ganho por área (GPA, em kg/ha).

A emissão de metano entérico dos animais em pastejo foi calculada com base na equação desenvolvida pela Rede Pecus, da Embrapa, e utilizada pelos protocolos Carne Carbono Neutro (Alves et al., 2015) e Carne Baixo Carbono (Almeida; Alves, 2020):

$$\text{CH}_4 = - 0,1011 + 0,02062 \times \text{IMS} + 0,001648 \times \text{FDN}$$

em que:

CH₄ = emissão de metano entérico (kg/dia),

IMS = ingestão de matéria seca (kg/dia),

FDN = fibra em detergente neutro (%).

2.1.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao procedimento UNIVARIATE verificando se a aderência dos dados à curva de distribuição normal. Após, foi realizada a análise de variância utilizando-se o procedimento GLM e as médias comparadas pelo teste de Tukey adotando-se o nível de probabilidade de 5%, com interações significativas ajustadas pelo procedimento LSMEANS. Todas as análises foram realizadas por meio do aplicativo estatístico SAS, versão 9.4.

2.2. Experimento 2 - Fase de Terminação

2.2.1. Área experimental

O experimento da fase de terminação em sistemas de semiconfinamento foi realizado na Embrapa Gado de Corte, de julho de 2022 a novembro de 2022 (período de 120 dias). Os animais dos dois sistemas, ILP e ILPF, foram transferidos para outra área, composta por dois piquetes de 3,3 ha cada, constituídos por *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Para o sistema ILPF, o componente arbóreo presente no piquete foi *Eucalyptus* sp. disposto em arranjo de linhas múltiplas de árvores e distância entre renques de 14 m, estabelecido em 2012. Para o sistema ILP, o piquete não continha o componente arbóreo.

2.2.2. Delineamento experimental

Adotou-se delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (ILP e ILPF) e 12 repetições (animais), utilizando-se o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}, (4)$$

Em que:

Y_{ij} é o valor observado para a variável resposta obtido para o i -ésimo tratamento em sua j -ésima repetição;

μ_i é a média de cada tratamento μ_i ;

μ é a média das médias de cada tratamento μ_i ;

T_i é o efeito do tratamento i no valor observado Y_{ij} ;

e_{ij} é o erro experimental associado ao valor observado Y_{ij} ;

2.2.3. Animais

Após o experimento de recria 12 animais foram pesados (peso vivo médio de 390 kg) e conduzidos a área destinada para a fase terminação. Os animais receberam em cochos de concreto a seguinte dieta: ração total misturada (RTM) composta por 65% de silagem de sorgo, 27,8% de milho moído fino, 5% de farelo de soja, 1% de ureia pecuária e 1,2% de núcleo mineral (com 13,8% de proteína bruta, 67,5% de NDT e 32,88% de FDN). Os animais passaram por um período de adaptação à dieta de 28 dias durante o mês de julho e, após, a RTM foi fornecida durante o período da manhã, entre as 8:00 e 9:00h, posterior à avaliação diária de sobras no cocho. As sobras foram ajustadas para 5% a 10% do total fornecido no dia anterior. A cada 28 dias, os animais eram levados ao mangueiro para a realização da pesagem.

A emissão de metano entérico dos animais em semiconfinamento foi calculada com base na equação desenvolvida pela Rede Pecus, da Embrapa, e utilizada pelos protocolos Carne Carbono Neutro e Carne Baixo Carbono (Alves et al., 2015; Almeida; Alves, 2020). Os animais foram abatidos de acordo com os procedimentos aprovados pela CEUA da Embrapa Gado de Corte (protocolo nº 004/2022), em frigorífico comercial, no município de Rochedo, MS no dia 11/11/2022.

2.2.4. Avaliação da dieta

A avaliação da forrageira foi realizada concomitantemente ao manejo de pesagem, sendo cinco pontos amostrais escolhidos aleatoriamente em cada uma das áreas (ILP e ILPF) seguindo os demais padrões da amostragem e análises da fase de recria.

Semanalmente foram retiradas amostras da RTM para pesagem no dia da coleta e levadas para secagem em estufa de ventilação forçada por aproximadamente 72h. A matéria seca foi calculada dividindo-se o peso inicial pelo peso final multiplicado por 100. Durante dias de chuva amostras da dieta eram retiradas, pesadas em matéria natural e secas de forma a identificar a interferência da umidade no fornecido do dia. O consumo de matéria seca foi obtido subtraindo às sobras do material ofertado.

2.2.5. Análise Estatística

Os dados foram submetidos ao procedimento UNIVARIATE verificando se a aderência dos dados à curva de distribuição normal. Após, foi realizada a análise de variância utilizando-se o procedimento GLM e as médias comparadas

pelo teste de Tukey adotando-se o nível de probabilidade de 5%. Todas as análises foram realizadas através do aplicativo estatístico SAS, versão 9.4.

3. RESULTADOS

3.1. Fase de recria

Para a altura do capim-piatã houve efeito das interações sistema x local e sistema x ciclo (Tabela 1). No ponto A, observou-se menor altura do dossel forrageiro no sistema ILPF (60 cm), em comparação com o sistema ILP (74 cm). Nos pontos B (75 e 74 cm, ILP e ILPF) e C (75 e 75 cm, ILP e ILPF), as alturas não diferiram entre os sistemas. No sistema ILPF, o ponto A (mais próximo à árvore) apresentou menor altura do dossel em relação a B e C, que não diferiram entre si. No sistema ILP, a altura do dossel forrageiro não diferiu entre os locais, com média de 74,7 cm.

Com relação aos ciclos de pastejo (Tabela 1), no ciclo 1 a altura do dossel do sistema ILPF foi maior do que no ILP, e nos ciclos 3 e 4, foram maiores no sistema ILP do que no ILPF. No sistema ILPF, observou-se diminuição na altura do dossel do ciclo 1 (100 cm) para o 2 (77 cm), do ciclo 6 (69 cm) para o 7 (54 cm), e do ciclo 7 (54 cm) para o 8 (46 cm). No sistema ILP, observou-se diminuição na altura do dossel do ciclo 1 (82 cm) para o 6 (70 cm), e do ciclo 6 (70 cm) para o ciclo 7 (61 cm).

Para a cobertura do dossel, houve efeito do ciclo de pastejo ($p < 0,0001$) e da interação sistema x local de amostragem ($p < 0,0001$), conforme a Tabela 1. Quanto aos ciclos de pastejo, a cobertura do dossel diminuiu do ciclo 1 (73,9%) para o ciclo 8 (65,8%). A cobertura do dossel do sistema ILP foi maior do que a

do sistema ILPF em todos os pontos amostrais. No sistema ILP, a cobertura do dossel entre os locais de amostragem não variou, com valor médio de 80,33%. No sistema ILPF, a cobertura do dossel seguiu um gradiente $A < B < C$.

Tabela 1. Altura e cobertura do dossel de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP), de acordo com o local de amostragem e ciclo de pastejo.

Altura do dossel (cm)			CV	p-valor
Local	Sistema			
	ILPF	ILP		
A	60 Bb	74 Aa	16,10	0,0013
B	74 Aa	75 Aa		
C	75 Aa	75 Aa		
Ciclo	Sistema			
	ILPF	ILP		
1	100 Aa	82 Ab	16,10	<0,0001
2	77 Ba	85 Aa		
3	68 Bb	85 Aa		
4	69 Bb	83 Aa		
5	75 Ba	76 Aa		
6	69 Ba	70 Ba		
7	54 Ca	61 Ca		
8	46 Da	52 Ca		
Cobertura do dossel (%)			CV	p-valor
Local	Sistema			
	ILPF	ILP		
A	54 Cb	80 Aa	8,69	<0,0001
B	67 Bb	79 Aa		
C	73 Ab	82 Aa		
Ciclo				
1	73,9 AB		8,69	<0,0001
2	74,4 A			
3	73,2 A			
4	76,7 A			
5	76,2 A			
6	72,5 AB			
7	67,5 BC			
8	65,8 C			

*Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

A biomassa de folhas foi influenciada pela interação sistema x ciclo de pastejo ($p < 0,0001$) (Tabela 2). Esta variável foi maior no sistema ILP nos ciclos de 1 a 6, em relação ao sistema ILPF, e não diferiu nos ciclos 7 e 8. No sistema ILP, a biomassa de folhas diminuiu progressivamente do ciclo 1 (2.581 kg de MS ha^{-1}) para o ciclo 8 (641 kg de MS ha^{-1}). Da mesma forma, no sistema ILPF, diminuiu do ciclo 1 (1.710 kg de MS ha^{-1}) para o ciclo 8 (356 kg de MS ha^{-1}). Já a biomassa total do capim-piatã foi influenciada pelo sistema de produção ($p < 0,0012$). O sistema ILP apresentou maior produção de biomassa total (5.227 kg de MS ha^{-1}) do que o sistema ILPF (2.788 kg de MS ha^{-1}).

Tabela 2. Biomassa de folhas (kg de MS ha^{-1}) de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP), de acordo com o ciclo de pastejo.

Ciclo	Sistema		p-valor
	ILP	ILPF	
1	2.581 Aa	1.710 Ab	<0,0001
2	2.633 Aa	1.158 Bb	
3	2.105 Ba	1.064 BCb	
4	2.044 Ba	1.301 Bb	
5	1.641 Ca	1.156 Bb	
6	1.670 Ca	1.075 BCb	
7	1.023 Da	825 Ca	
8	641 Ea	356 Da	

* Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) mensurada no sistema ILPF foi, em média, de $926 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ entre os locais de amostragem, com média de 37,3% de sombreamento (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) nos pontos amostrais (A, B e C) em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP).

Sistema	Local A		Local B		Local C	
	RFA Pleno Sol	% sombreamento	RFA Pleno Sol	% sombreamento	RFA Pleno Sol	% sombreamento
ILP	935	0	921	0	922	0
ILPF	571	39	580	37	593	36

O teor de proteína bruta (PB) foi influenciado pelas interações sistema x ciclo ($p=0,0261$) e sistema x local ($p=0,0054$), conforme Tabela 4. Em todos os ciclos, o ILPF apresentou maior teor de PB em relação ao sistema ILP. Analisando os ciclos dentro de cada sistema, o teor de PB no ILPF foi maior nos ciclos 3 e 6, enquanto no sistema ILP, foi maior no ciclo 8. Para a interação sistema x local, o sistema ILPF apresentou maior teor de PB do que o ILP, em todos os pontos (A, B e C). Para o sistema ILPF o teor de PB foi maior no local A do que nos demais, que não diferiram entre si. Já no sistema ILP, não houve diferença no teor de PB entre os locais de amostragem, com valor médio de 8,05%. Para teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi observado efeito de sistema ($p=0,0136$) e de ciclo de pastejo ($p<0,0001$). O sistema ILP apresentou maior teor de FDN (76,88%) do que o sistema ILPF (71,16%). Nos ciclos 2, 3 e

4 foram observados os menores teores de FDN (média de 72,49%) e no ciclo 7, o maior teor de FDN (76,14%).

Tabela 4. Composição nutricional da fração foliar de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP), de acordo com o ciclo de pastejo e o local de amostragem.

Variável	Sistema	Ciclo								p-valor	CV
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Proteína bruta (%)	ILP	6,97 Bde	5,89 Be	7,64 Bcd	8,13 Bbcd	8,06 Bbcd	8,96 Bb	8,61 Bbc	10,14 Ba	0,0261	14,35
	ILPF	10,79 Ad	11,16 Acd	13,29 Aa	12,67 Aab	12,03 Abc	13,20 Aa	12,49 Aab	12,83 Aab		
	Local										
	A		B		C						
	ILP	8,08 Ba		7,96 Ba		8,11 Ba					
	ILPF	12,95 Aa		12,07 Ab		11,90 Ab		0,0054			
FDN (%)	Ciclo										
	1	2	3	4	5	6	7	8			
	74,01 bc	71,95 d	71,94 d	73,57 cd	75,66 ab	73,98 bc	76,14 a	74,93 abc	< 0,0001		
	Sistema										
	ILP				ILPF				2,93		
	76,88 a				71,16 b				0,0136		

*Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para o componente animal, houve efeito de sistema para as variáveis densidade de lotação ($p<0,001$) e ganho de peso vivo por área ($p=0,0009$), conforme a Tabela 5. Para a variável ganho médio diário, não houve efeito de sistema ($p=0,7528$), com média de 0,746 kg. O sistema ILP apresentou maior densidade de lotação ou taxa de lotação instantânea do que o sistema ILPF, com 11,4 UA/ha contra 5,4 UA/ha. Estes valores correspondem a uma taxa de lotação de 2,85 UA/ha e de 1,35 UA/ha, para os sistemas ILP e ILPF, respectivamente, considerando que cada sistema contava com quatro piquetes. A maior taxa de lotação refletiu em maior ganho de peso vivo por área para o sistema ILP (243 kg/ha), em relação ao sistema ILPF (134 kg/ha).

Tabela 5. Densidade de lotação, ganho médio diário e ganho de peso vivo por área nos sistemas ILPF e ILP.

Variável	Sistema		<i>p-valor</i>
	ILPF	ILP	
Densidade de lotação (UA/ha)	5,4 b	11,4 a	<0,001
Ganho médio diário (kg)	0,761 a	0,730 a	0,7528
Ganho por área (kg/ha)	134 b	243 a	0,0009

*Letras iguais minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Quanto à emissão de metano entérico e à intensidade de emissão de metano por ganho de peso, não foi observada diferença entre os sistemas, entretanto, quando avaliada a intensidade de emissão de metano por peso metabólico, observou-se menor valor para os animais do sistema ILPF (2,02 g CH₄/kg^{0,75}) em relação aos do sistema ILP (2,15 g CH₄/kg^{0,75}) (Tabela 6).

Tabela 6. Emissão de metano (CH₄, kg/dia), intensidade de emissão de metano por ganho de peso (IE, kg CH₄/kg GPV) e por peso metabólico (IE, g CH₄/kg^{0,75}) de bovinos em fase de recria em sistemas de ILP e ILPF.

Variável	Fase de recria		<i>p</i> -valor
	ILP	ILPF	
CH ₄ (kg/d)	0,169 a	0,145 a	0,2550
IE (kg CH ₄ /kg GPV)	0,24 a	0,26 a	0,8051
IE (g CH ₄ /kg ^{0,75})	2,15 a	2,02 b	0,0046

*Letras iguais minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

3.2. Fase de terminação

Na fase de terminação em semiconfinamento, não foram observadas diferenças entre os sistemas ILP e ILPF, tanto para o peso vivo inicial (390 kg) como final (554 kg) e, conseqüentemente, para o ganho médio diário, que apresentou valor médio de 1,31 kg (Tabela 7).

Tabela 7. Peso vivo inicial (kg), peso vivo final (kg) e ganho médio diário (g) de bovinos Nelore em fase de terminação em sistemas de ILP e ILPF.

Variável	Sistema		<i>p</i> -valor
	ILP	ILPF	
Peso Vivo Inicial (kg)	386 a	394 a	0,53
Peso Vivo Final (kg)	552 a	555 a	0,84
Ganho Médio Diário (kg)	1,33 a	1,29 a	0,56

*Letras iguais minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Da mesma forma, não foram observadas diferenças entre os sistemas para emissão de metano entérico (0,164 kg/d), intensidade de emissão de metano por ganho de peso (0,127 kg/kg GPV) e intensidade de emissão de metano por peso metabólico (1,625 g/kg^{0,75}) (Tabela 8) durante a fase de terminação em semiconfinamento.

Tabela 8. Emissão de metano (CH₄, kg/dia), intensidade de emissão de metano por ganho de peso (IE, kg CH₄/kg GPV) e por peso metabólico (IE, g CH₄/kg^{0,75}) de bovinos em fase de terminação em sistemas de ILP e ILPF.

Variável	Fase de Terminação		p-valor
	ILP	ILPF	
CH ₄ (kg/d)	0,163 a	0,166 a	0,7091
IE (kg CH ₄ /kg GPV)	0,124 a	0,129 a	0,3755
IE (g CH ₄ /kg ^{0,75})	1,62 a	1,63 a	0,3432

*Letras iguais minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

4. DISCUSSÃO

O local de amostragem A apresentou diferença na altura em relação aos pontos B e C dentro do sistema ILPF e quando comparado com o sistema de ILP. Essa diferença pode ser atribuída a estratégia de sobrevivência da planta que, por receber menos luz, altera a sua morfologia por meio do aumento da superfície foliar e afinamento das mesmas, colmos mais delgados e menor quantidade de perfilhos, porém, essa medida tomada pela forrageira ocorre em

detrimento do direcionamento de energia para o processo de crescimento (Heid, 2015). A diferença na altura do capim no ILPF se torna evidente à medida que os pontos amostrais se distanciam do eucalipto e chegam ao centro das entrelinhas, ou seja, aumentam progressivamente a quantidade de raios solares que atingem as forrageiras, de acordo com Paciullo et al. (2011). A redução de altura que ocorre durante o ano surge mais cedo no sistema de ILPF, apresentando reduções acentuadas ao final em comparação ao ILP, efeito que também foi encontrado por Mascheroni (2015) entre os três períodos avaliados de dezembro a junho.

O aumento do gradiente de cobertura do dossel no sistema de ILPF que ocorre do ponto A ao C está associado com as mudanças morfológicas do capim-piatã que conforme ocorre a redução de luminosidade demonstra redução de tecidos de sustentação das folhas, somado a redução da quantidade de células do tecido que levam a folhas mais finas e alongamento do colmo tornando-os mais delgados (Da Silva et al., 2009) de forma que ao observar as touceiras em campo perceba-se menos área do solo sendo coberta pelos perfilhos.

A biomassa de folhas apresentou o mesmo comportamento de redução progressiva em ambos os sistemas. Porém, foram observadas diferenças nas quantidades dessa variável por sistema e por ciclo. O sistema de ILP produziu maiores quantidades de biomassa em relação ao ILPF demonstrando que durante os primeiros 6 ciclos, a presença do componente arbóreo e o seu consequente sombreamento sobre o capim reduziu substancialmente a capacidade de produção foliar da forrageira. Os dois últimos ciclos foram marcados pela estação seca e pelos menores resultados de produção de biomassa, não sendo observada diferença entre os sistemas.

O teor de proteína bruta foi maior no sistema de ILPF tanto nos ciclos quanto nos locais de amostragem, pois, quando submetido ao sombreamento, o capim-piatã reduz a quantidade de biomassa de folhas, sendo que o nitrogênio assimilado pela planta possui menos estruturas para ser distribuído, aumentando sua concentração. O mesmo comportamento foi encontrado por Santos et al. (2017), com maior teor de proteína bruta na folha de capim-piatã em sistema sombreado em relação ao sistema a pleno-sol.

Quanto a FDN da lâmina foliar, maiores teores foram observados no sistema de ILP. Pereira et al. (2021), avaliando um experimento com sistema de ILP e dois sistemas de ILPF, com 227 a 357 árvores/ha, observaram que, durante o verão, houve aumento progressivo do teor de FDN da folha conforme os sistemas apresentavam menor limitação de luminosidade.

O sistema de ILP apresentou maior densidade de lotação e ganho de peso por área do que o sistema de ILPF, em decorrência da maior biomassa de forragem. Entretanto, o sistema de ILPF apresentou melhor valor nutritivo da forragem garantindo um GMD similar ao do ILP. Barros et al. (2020) avaliaram o desempenho de novilhas Nelore, no período das águas, em dois sistemas de ILPF, com 227 e 357 árvores /ha, e em um sistema de ILP, e também observaram diminuição na biomassa de forragem e no ganho de peso por área, e aumento no valor nutritivo da forragem, com o aumento na densidade de árvores.

Na fase de recria, em pastagem, a emissão de metano entérico e a intensidade de emissão de metano por ganho de peso não diferiram entre os sistemas, entretanto, quando avaliada a intensidade de emissão de metano por peso metabólico, observou-se menor valor para os animais do sistema ILPF (2,02 g CH₄/kg^{0,75}) em relação aos do sistema ILP (2,15 g CH₄/kg^{0,75}). Isso pode

ser explicado pela menor demanda energética em decorrência do maior conforto térmico promovido pelo sistema ILPF, além do melhor valor nutritivo da forragem disponível.

Em estudo realizado na mesma área experimental, com sistemas de ILP e ILPF, porém, com novilhas Nelore em recria, em dois anos consecutivos, Gomes et al. (2016) não encontraram diferenças na emissão de metano entérico entre os sistemas, utilizando a técnica do gás traçador SF₆. Em 2014, a média de emissão por animal foi de 0,189 kg/dia, no verão, e de 0,184 kg/dia, no inverno. Já em 2015, a média de emissão por animal foi de 0,122 kg/dia, no verão, e de 0,104 kg/dia, no inverno. Segundo os autores, a diferença entre os anos pode ser explicada pela disponibilidade de forragem, que interfere diretamente no consumo e na emissão de metano, e que foi menor em 2015. No presente trabalho, que também não apresentou diferença entre os sistemas, ILP e ILPF, a emissão média por animal apresentou valor intermediário (0,157 kg/dia) aos do estudo comentado.

Durante o período de terminação, três variáveis foram avaliadas: peso vivo inicial, peso vivo final e consequentemente ganho médio diário (GMD). Ao final dos 120 dias, não foi observada diferença entre os sistemas. Esse resultado está relacionado ao fato de que os bovinos foram submetidos à mesma dieta e rotina de fornecimento, e neste caso, a presença das árvores não foi determinante. Da mesma forma, Aranha et al. (2019) em um experimento para avaliação de produção e conforto térmico de animais Nelore, compararam dois sistemas de ILPF com densidades de árvores diferentes e um sistema a pleno-sol (ILP) e não encontraram diferença significativa para GMD entre os sistemas.

A emissão de metano entérico e as intensidades de emissão não variaram entre sistemas na fase de terminação em semiconfinamento, possivelmente, pelo adequado balanceamento nutricional da ração total oferecida e pelas condições microclimáticas mais amenas do período do ano em questão, minimizando as diferenças proporcionadas pela presença de árvores no sistema ILPF, em relação ao sistema ILP.

Porém, quando comparadas as fases do presente experimento, na terminação observou-se valores de intensidade de emissão de metano menores do que na recria, para os dois sistemas, em decorrência da melhor qualidade da dieta (RTM) e do consequente maior desempenho, sendo uma estratégia importante para redução da idade ao abate e de mitigação das emissões de metano entérico em sistemas pecuários, seguindo as recomendações do protocolo Carne Baixo Carbono proposto pela Embrapa (Almeida; Alves, 2020) e em alinhamento com a política pública do estado de Mato Grosso do Sul, o Programa MS Carbono Neutro (Mato Grosso do Sul, 2021), e com o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono do governo brasileiro, o Plano ABC+ (MAPA, 2021).

Gomes et al. (2023) avaliaram a idade ao abate e a emissão de CO₂ equivalente (CO₂ eq.) de bovinos no Brasil e no Estado de Mato Grosso do Sul, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2022. Os autores observaram que a média de idade ao abate de bovinos do Estado foi 4,5% inferior à média brasileira, i.e., 41,9 meses e 43,9 meses, respectivamente. Parte deste desempenho, pode ser explicado pelo Programa estadual “Precoce MS”, que visa a produção de novilho precoce, e que apresentou, neste mesmo período, média de idade ao abate de bovinos de 28,4 meses. De acordo com os autores,

a emissão evitada foi estimada em 144,66 kg CO₂ eq./animal/mês, provenientes da fermentação entérica e da produção de dejetos, contribuindo assim, para uma mitigação de 2.242 kg CO₂ eq./animal abatido, em relação à média brasileira. Os bovinos cadastrados no Programa Precoce MS emitiram, em média, 4.108 kg CO₂ eq. ao abate. Considerando que 10 meses foram para a fase de cria, somente as fases de recria e terminação teriam emitido 2.662 kg CO₂ eq./animal, excluindo as emissões dos dejetos, somente a emissão de metano entérico seria de cerca de 2.083 kg CO₂ eq./animal (GWP, AR4; IPCC, 2006).

No presente trabalho, não houve diferença entre os sistemas de ILP e ILPF com relação à emissão de metano entérico, sendo que os animais foram abatidos entre 21 a 22 meses e com uma emissão média de 0,157 kg/dia durante a fase de recria, e de 0,165 kg/dia durante a fase de terminação. Assim, a emissão de metano entérico foi de 35,17 kg na fase de recria e de 20,46 kg na fase de terminação, totalizando 55,63 kg de metano entérico ao abate (excluindo a emissão da fase de cria que não fez parte do presente trabalho), correspondendo a 1.391 kg de CO₂ eq./animal (GWP, AR4; IPCC, 2006), ou seja, um valor 33% menor do que o obtido pelo Programa Precoce MS, descrito por Gomes et al. (2023), contribuindo para melhorar o desempenho produtivo e socioambiental da pecuária de corte do Estado do Mato Grosso do Sul e do Brasil.

5. CONCLUSÃO

Os sistemas de ILP e ILPF não diferem quanto ao desempenho individual (ganho médio diário) e à emissão de metano entérico de bovinos de corte na fase de recria em lotação rotacionada, entretanto, por proporcionar maior biomassa da forrageira, o sistema de ILP é capaz de suportar maior densidade de lotação e ganho de peso por área em relação ao ILPF.

O melhor valor nutritivo da forragem e a condição de conforto térmico no sistema de ILPF, na fase de recria, contribuem para uma menor intensidade de emissão de metano entérico por peso metabólico, em comparação ao sistema de ILP.

Durante a fase de terminação, os sistemas de ILP e ILPF também não diferem quanto ao desempenho individual, à emissão e à intensidade de emissão de metano entérico de bovinos de corte.

A fase de terminação em semiconfinamento é uma estratégia eficiente para diminuição da idade ao abate e de mitigação das emissões de metano entérico em sistemas de ILP e ILPF.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS; e a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. G.; ALVES, F. V. Diretrizes técnicas para produção de carne com baixa emissão de carbono certificada em pastagens tropicais: *Carne Baixo Carbono*. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2020. 36 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 280).

ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; SILVA, V. P.; MACEDO, M. C. M.; MEDEIROS, S. R.; FERREIRA, A. D.; GOMES, R. C.; ARAÚJO, A. R.; MONTAGNER, D. B.; BUNGENSTAB, D. J.; FEIJÓ, G. L. D. Carne Carbono Neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos. Brasília, DF: Embrapa, 2015 (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 210).

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 de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 71, 1686-1694, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9913>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES (ABIEC). Beef Report 2023. Disponível em: <<https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2023-capitulo-04/>> Acesso em: 04/10/2023.

BARBOSA, R. T. Potencial produtivo do capim-piatã e desempenho de novilhos nelore em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. 2022. 78f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Campus Aquidauana. Mato Grosso do Sul. 2022.

BARROS, J. S.; SOUZA, K. A.; ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; LOURES, D. R. S. Forage production and productive performance of Nellore heifers in agrosilvopastoral systems. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 10, p. e4729108643, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8643>.

DA SILVA, S. C.; BUENO, A. A. O.; CARNEVALLI, R. A.; UBELE, M. C.; BUENO, F. O.; HODGSON, J.; MATTHEW, C.; ARNOLD, G. C.; MORAIS, J. P. G. Swards structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 66, n. 1, p. 8-19, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000100002>

GOMES, R. C.; BERNDT, A.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; MARTINS, M. W. F.; SAKAMOTO, L. S.; VILAS BOAS, D. F. Enteric methane emission of Nellore cattle in extensive grazing or integrated systems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2, 2016, Campo Grande, MS. Proceedings... Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2016. p. 100-103.

GOMES, R. C.; GALVANI, D. B.; MALAFAIA, G. C.; ALMEIDA, R. G.; DELLA VECCHIA, A. C.; BUNGENSTAB, D. J. Contribuição do Programa PROAPE-Precoce à Política Estadual de Mudanças Climáticas e seus possíveis impactos nas emissões de gases de efeito estufa no Estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2023. 20 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 311).

HEID, D. M. Crescimento de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert e acúmulo de biomassa e valor nutritivo de *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã em sistema

silvipastoril. 2015. 83f. (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, 2015.

THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 10: Emissions From Livestock and Manure Management. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>> Acesso em: 20 setembro de 2023.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/arquivos/abc_final.pdf> Acesso em: 19 setembro de 2022.

MARTEN, G. C.; SHENK, J. S.; BARTON II, F. E. Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS): *Analysis of Forage Quality*. U. S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook nº 643, 1985. 96 p.

MASCHERONI, J. D. C. Características estruturais do dossel forrageiro e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetido a regime de sombra em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. 2015. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

MATO GROSSO DO SUL. Decreto Estadual nº 15.798, de 3 de novembro de 2021. Disponível em: <<https://cpisp.org.br/decreto-no-15-798-de-3-de-novembro-de-2021/>> Acesso em: 10/12/2023.

MOTT, G. O., LUCAS, H. L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: Proceedings of the Sixth International Grassland Congress. Pennsylvania State College, State College, PA, 1952. p.1380-1395.

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 sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 10, p. 1176-1183, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000009>

PEREIRA, M.; MORAIS, M. G.; FERNANDES, P. B.; SANTOS, V. A. C.; GLATZLE, S.; ALMEIDA, R. G. Beef cattle production on Piatã grass pastures in silvopastoral systems. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales, v. 9, n. 1, p. 1–12, 2021. [https://doi.org/10.17138/tgft\(9\)1-12](https://doi.org/10.17138/tgft(9)1-12)

REDE ILPF. ILPF em números. 2022. Disponível em: <https://redeilpf.org.br/images/ILPF_em_Numeros-Safra.pdf> Acesso em: 08/05/2023.

RODRIGUES, L. M. S.; MARTA-COSTA, A. A. Competitividade das exportações de carne bovina do Brasil: uma análise das vantagens comparativas. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 59, n. 1, e238883, 2021. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.238883>

SANTOS, V. A. C.; ALMEIDA, R. G.; MEDEIROS, S. R. Relação entre composição nutricional e índice SPAD em lâminas foliares de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã sob sombreamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 27., 2017. Anais [eletrônicos]... Brasília, DF: Associação Brasileira de Zootecnistas, 2017.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos. 3ª. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009.

SILVA, J. W. T.; SOUZA, B. M. L.; SILVA, C. M. Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Ciência Animal, v.30, n.3, p.71-84, 2020.

TEIXEIRA NETO, M. L. et al. Considerações técnicas sobre terminação e engorda de bovinos em pastagem, semiconfinamento e confinamento em sistema ILPF nos cerrados do Maranhão:" Sistema Santa Luzia". Teresina, PI. p. 32. 2023.

CAPÍTULO 3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de integração como o ILPF e o ILP se apresentam como alternativas mais sustentáveis em relação a produção tradicional de bovinos de corte a pasto. É possível observar que em questões como altura, cobertura do dossel, biomassa de folhas, RFA, FDN e densidade de lotação o ILP se destaca com valores mais expressivos e por ter menos processos envolvidos acaba por ser a tecnologia de integração mais adotada no MS para melhor desempenho das propriedades.

O ILPF quando implantado com o capim-piatã proporciona um melhor valor nutritivo da forragem disponível, maior conforto térmico para os animais, menor emissão de metano por peso metabólico e a possibilidade de venda de madeira para diversos propósitos a dependerem das condições de processamento desse material no município em que a propriedade se localizar. Este trabalho contribui com informações para a bovinocultura de corte de forma que os resultados aqui apresentados sirvam de referência para futuros estudos a cerca da produção animal em sistemas integrados.